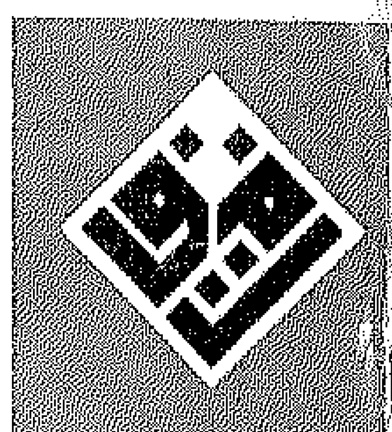
# آلة الطبيعة

## الإيكولوجيا من منظور تطوري

تأليف: بول إيرليش - ترجمة: حسين بيومي



المشروع القومي للترجمة

160

اهداءات ٢٠٠٤

المجلس الأعلى للثقافة
القاهرة

المشروع القومى للترجمة

# آلـــة الطبيعـــة

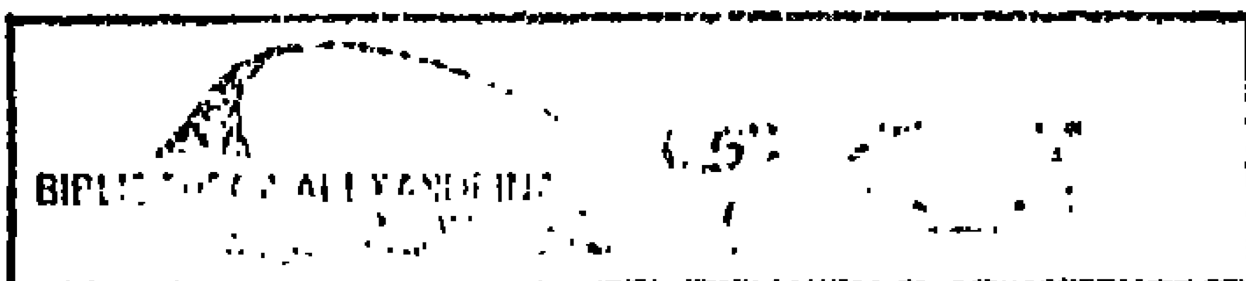
## الإيكولوجيا من منظور تطورى

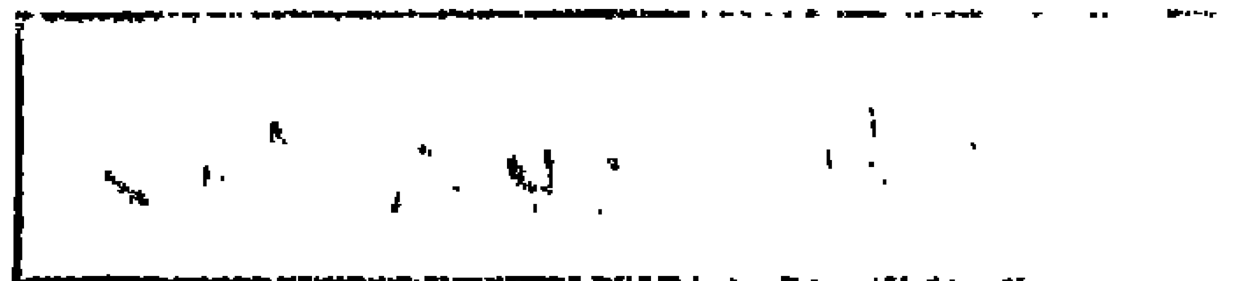
تأليف
**بول إيرليش**

ترجمة
**حسين بيومى**



المجلس الأعلى للثقافة





٢٠٠٠

هذه ترجمة لكتاب

**THE MACHINARY OF NATURE**

**PAUL EHRLICH** تأليف

**A paladin UK Paperback Original 1988**

# تقديم الترجمة

شهد العقدان الأخيران فى مصر اهتماماً متزايداً بقضايا ومشاكل البيئة . وكالعادة جاء اهتمامنا – مثل معظم دول الجنوب والدول النامية عموماً – متأخراً عن اهتمام دول الشمال أو الدول الصناعية الكبرى ، والتى قد تكون مسئولة ، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، عن أسباب ظهور معظم المشاكل البيئية القائمة الآن .

وكان من نتائج ذلك الاهتمام أن أُدخلت البيئة ، لأول مرة ، في برامج المقرّرات الدراسية للتعليم العام ، وأُصدر قانون للبيئة ، وخُصّص جهاز ثم وزارة دولة لشئون البيئة . ووضعت ، بالطبع، خطط وبرامج لمواجهة المشاكل البيئية المتفاقمة . أمّا إلى أى مدى نجحت هذه البرامج أو الاستراتيچيات فى تحقيق أهدافها فذلك موضوع لامجال للتعرض له فى هذه الكلمة القصيرة .

واكب الاهتمام السياسى اهتمام إعلامى وثقافى ، حيث أصبحت أخبار وقضايا البيئة تحتل جزءاً – وإن كان ضئيلا جداً – من مساحة الإعلام فى الإذاعة والتليفزيون والصحافة . كما توفرت بعض الكتب والكتيبات التى نشر معظمها عن طريق دور النشر الحكومية ، وكان تركيز أغلبها على مشكلات البيئة وعلى رأسها التلوث والاحتباس الحرارى وتغير درجة حرارة عموم كوكب الأرض، مما جعل المصطلحات المتعلقة بتلك المشكلات يتم تداولها بكثرة . غير أن المشكلات البيئية تمثل فحسب التنائج التى لحقت بالبيئة من جراء البشر . وربما كانت قلة قليلة للغاية أو متخصصة هى من تدرك الأسباب أو المقدمات من خلال استيعابها لمفهوم الإيكولوجيا وموضوعاتها المختلفة .وهذا هو أهم أسباب ترجمتى لهذا الكتاب ، والتى أهدف من ورائها إلى اطلاع القارئ العام أو العادى على المبادئ الأساسية والجوهرية لأقصي حد في الإيكولوچيا. وبذلك تتوفر له المقدمات التى تساعده على إدراك أبعاد وخطورة المشكلات البيئية والآفاق المتاحة لحلها .

ربما يكون من المفيد أن أسارع بادئ ذى بدء بالتمييز بين الإيكولوچيا **Ecology** والبيئة **Environment**، ويستلزم هذا بعض الإسهاب دون أن أُثقل على القارئ . الإيكولوچيا فرع حديث من فروع البيولوجيا . يزيد عمره بقليل عن قرن من الزمان . –فقد كان العالم والفيلسوف الألمانى إرنست هيكل **Ernst Haechel** هو أول من استخدم مصطلح **ecology** وذلك في عام ١٨٦٩ عند وصفه لعلاقات الكائنات الحية ببيئاتها المحيطة . وتنوعت بعد ذلك تعريفات الايكولوجيا ولكنها كانت جميعها ، تقريبا ، تتمحور حول : دراسة العلاقات بين الكائنات الحية بعضها البعض وعلاقاتها بالأوساط

أوالمحيطات التى تعيش داخلها ، وهذه المحيطات هى ما يطلق عليه «البيئة» **environment** . وهذا يعنى أنه ليس ثمة من كائن يعيش دون بيئة . لكن تعريفاً أحدث وضعه كربس **krebs** عام ١٩٨٥ ، وهو أن الإيكولوچيا «هى الدراسة العلمية للتفاعلات التى تحدد توزيع ووفرة الكائنات الحية» (*) . وإذا ما نظرنا ملياً في التعريف الأخير سوف نجد أن كلمة تفاعلات حلت محل كلمة علاقات . والمسألة ليست فقط استبدال لفظ بأخر، ذلك أن المغزى الذى تحمله كلمة التفاعلات (بين الكائنات الحية) أعمق وأشمل .وهكذا نرى أن «الموضوع الرئيسى للايكولوجيا ليس هو الانسان ، فالحق أنها تهتم بكل الكائنات الحية» (**)

دراسة الإيكولوچيا (ونترجهما إلى العربية علم البيئة – لاحظ أن كلمة علم لابد أن تسبق كلمة البيئة للتمييز بينها وبين البيئة) تستلزم ، اذن ، فهم التفاعلات بين الكائنات الحية بعضها البعض وعلاقة هذه الكائنات بالوسط (البيئة) . أما دراسة البيئة فإنها تتناول الوسط أو المحيط من حيث خواصه الطبيعية وما يشمل من كائنات حية أخرى تؤثر فيه . فالبيئة عند دراستها إيكولوچياً تغدو نظاما بيئياً .

على أن الإيكولوچيا تشعبت وتداخلت مع غيرها من فروع المعرفة وأصبحت تتماسّ بل تتشابك مع علوم الاجتماع والسياسة والأخلاق والاقتصاد والجغرافيا على سبيل المثال حتى إن نسويات ما بعد الحداثة يتحدثن الآن عن علم البيئة من خلال إيكولوچيا خاصةهى الإيكولوچيا النسوية **ecofeminism** . ومع ذلك تبقى دراسة الإيكولوچيا كعلم طبيعى قاصرة على الإيكولوچيين .

بول ايرليش مؤلف الكتاب هو أستاذ العلوم البيولوچية بجامعة ستانفورد الأمريكية. وهو لايعد أحد أهم الإيكولوچيين المعاصرين ، فحسب ، بل إنه قدم إسهاماً فعلياً فى مسيرة علم البيئة من خلال اكتشاف وفهم ظاهرة «التطور المشترك» التى سوف يطلع عليها القارئ فى متن الكتاب . وفضلا عن ذلك فهو من ذلك الصنف من العلماء المهمومين بنشر الثقافة العلمية وتبسيطها للناس ، وبالتأمل فى العلاقة المباشرة بين العلوم والحياة الإنسانية ، وتأثير العلم فى واقع ومستقبل البشر ، وله عدة كتب فى هذا الشأن كتبها بمفرده أو بالاشتراك مع آخرين . ولعل ذلك يشكل ثانى الأسباب التي دفعتنى لترجمة كتابه هذا . وهو ليس غريبا على قراء العربية ، فقد سبق أن ترجم الاستاذ الدكتور أحمد مستجير، ضمن جهده الضخم فى الترجمة ، كتابا له اشترك معه فى تأليفه روبرت أورنشتاين تحت عنوان « عقل جديد لعالم جديد » . يستند عنوان الكتاب ، وبالتالى نظرة المؤلف للطبيعة إلى الاختزالية **Reductionism** الديكارتية ،

(*) J.L.Chapman and M.J .Reiss, Ecology,principles and applications, cambridge university press,1995,p.3

(**) دينيس . ف. أوين « البيئة وقضاياها » ترجمة الدكتور أحمد مستجير ، مركز النشر لجامعة القاهرة ، ١٩٩١ ، ص٤

وهى «التصور الميكانيكى الذى كان نموذج التفكير العلمى الحديث (من عام ١٦٠٠ – ١٩٠٠) ، ومؤداه النظر إلى الكون بكل محتوياته وظواهره على أنه مترتب فى صورة آلة ميكانيكية مغلقة على ذاتها ، من مادة واحدة متجانسة ،

تسير تلقائيا بواسطة عللها الداخلية(*)»وعلى الرغم من أن المؤلف قد استخدم هذا المنظور إلا أنه لاينظر إلى الطبيعة أو إلى النظم البيئيّة – بالتعبير الإيكولوجى – بوصفها أوساطا ساكنة ، وإنّما يتناولها فى جدلياتها بفهم تطورى يلقى نظرة على الماضى الجيولوجى السحيق ويستشرف آفاق المستقبل . كما أنه لايناقش آليات التطور فى الماضى فقط ، بل يبحث هو ذاته – كعالم ومن خلال أبحاثه – عن آليات التطور في الحاضر ، وهذا ما يجعل حكم مجلة التاريخ الطبيعى **Natural History** بأنه : «لايوجد ما هو أفضل ولا أكثر إمتاعاً فى القراءة من هذا الكتاب المحكم فيما يتعلق بالنهج التطورى فى فهم علم البيئة» خاليا من المبالغة . ولعل ذلك هو ثالث الأسباب التى دفعتنى لترجمة الكتاب .

أغنانى المؤلف بمقدمته الضافية وتعليقه الختامي عن الإشارة الى الموضوعات أو القضايا التى يتناولها أو يعالجها . والكثير منها يختص بالعلم ذاته ، والقليل يدور حول نظرة المجتمع والساسة للقضايا البيئية . كما أنه يحدد فى المقدمة تعريفه الخاص بعلم البيئة وموقفه الفلسفى بشأن علاقة العلم بالحياة ويقدم خطة لقراءة الكتاب . ولهذا أنصح القارئ بالبدء بقراءة المقدمة لأنها تلقى أضواء كاشفة على الكتاب كله وتقربه من روح المؤلف .

غير أن ما لاحظه المؤلف وقت تأليف هذا الكتاب، أي منذ أكثر من عقد بقليل ، عن التناقض بين العلماء ورجال السياسة باعتبارهم صانعى القرار فيما يتعلق بالنظر إلى عواقب المشاكل البيئية قد تلاشى كما جاء في تصريح أخير للإيكولوجي المصري الكبير الدكتور محمد عبد الفتاح القصاص " ، "فالجديد حاليا هو الأخذ بالاحتمالات من جانب صانعى القرار ، وما نرجوه فى مصر هو أن نحذو حذو التطور العالمى فى هذه المسألة» . لكن شكوى المؤلف الخاصة بضعف التمويل المطلوب لحل المشكلات البيئية تبقى قائمة . فتفاقم المشكلات جعل حلها يتطلب أرقاماً لم تكن فى الحسبان. وهنا يتعارض كثيرا وبشدة الصالح العام مع مصالح القلة سواء أكانوا أصحاب رؤوس أموال كبيرة أم مستثمرين صغاراً أم مواطنين عاديين تنقصهم الخبرة بالتوازن البيئى.

---

(*) لمزيد من التفاصيل أنظر : ج.ج . كراوثر – قصته العلم ، ترجمة وتقديم ودراسة د. عين الخولي ، د. بدوي عبد الفتاح . المجلس الاعلي للثقافه مصر . هوامش ص ص ٨٩ – ٩١.

وعندى أن هذه القضية تحتاج إلى نضال طويل وضغوط محلية وعالمية حتى يتسنى التوصل إلى ما فيه مصلحة البشر ليس فى الواقع الآنى فحسب بل على المدى الطويل .

آثرت فى الترجمة الابتعاد تقريباً عن وضع المصطلح الأجنبى إلى جوار ترجمته العربية كى يتمكن القارئ من الاسترسال أو الاندماج فى القراءة دون عائق . كما اضطررت إلى تعريب النطق الأجنبى لأسماء بعض الكائنات الحية حين عجزت عن العثور على أية ترجمة لها فى القواميس المتاحة . وقد زودت الترجمة بمعجمين ، أحدهما عربى – إنجليزى ليكون بديلا عن وضع المصطلح الأجنبى إلى جوار ترجمته العربية ، وفيه يمكن للقارئ أن يجد المقابل الأجنبى لأهم المصطلحات المتداولة ، وللمصطلحات التى أظن أنها مستحدثة فى العربية . أما المعجم الآخر (إنجليزى – عربى) فإلى جانب أنه يؤدى دور الميزان فى تدقيق وتوحيد المصطلح أثناء الترجمة ، يتيح الفرصة لمن يشاء من القراء أو المترجمين للاطلاع على الصيغ المقترحة إجمالاً وبسرعة ، وهو ما يمكن أن يفضى ، بالتكامل والتنقيح والتراكم ، إلى توحيد ترجمة المصطلحات فى هذا الفرع من العلوم . وهو الشئ الذى نأمله فى كل فروع المعرفة الأخرى .

**حسين بيومي**

الجيزة –٣٠ يناير ٢٠٠٠

## مقدمة

# الفراشات والنظم البيئية والناس

كُنّا فى اليوم التاسع أو العاشر من أيام العمل المتواصل على عشيرة فراشات جبلية. الموقع جميل، تمتد المروج فيه بأزهارها المنتثرة وأغصانها الناعمة المتمايلة إلى أفق من القمم المغطّاة بالثلج، ويمتعنا شدو صعْو الصخر المنساب من مجثمه المعتاد فوق شجيرة حور رجْراج. غير أن البعوض النّشط حال دون إضفاء طابع الرضا على المكان بصورة تامة. كانت مجموعتنا تقوم بتجربة على نطاق واسع لتحديد تركيب العشيرة: كم عدد أفراد الفراشات المتجوّلة ومنْ من بينها يتزاوج مع مَن. وكانت النتائج ستوفر معرفة ثاقبة عن كيفية تغير عشائر الفراشات من حيث الحجم وعن كيفية تطورها. وكان توقُّعنا أن يُظهر سلوك الفراشات تشابها مع العديد من أنواع الحشرات آكلات النبات – مُنافسات الإنسان الأكثر أهمية من أجل الطعام. ولو صحّ ذلك فيمكن أن تكون لنتائجنا تطبيقات مباشرة فى الصراع من أجل إطعام البشر.

كانت الأمور تمضى على ما يرام، فمئات الأفراد من الفراشات تم اصطيادها ووسْمها وإطلاقها. كل ذكر فراش وجد على امتداد قمم سلسلة التلال غُمسَتْ أعضاؤه التناسلية فى صبغ فلوريسنت أحمر جاف أما الذكور التى وجدت على المنحدرات فقد غُمستْ أعضاؤها فى صبغ أخضر. ويبقى الصبغ عالقاً بالأعضاء وينتقل بعضه إلى الإناث أثناء التسافد. وحين تُفحص الإناث المقتنصة بالأشعة فوق البنفسجية يتبيّن ما إذا كانت قد تزاوجت مع ذكور القمم أو مع ذكور السفوح.

وبينما يصطاد أربعة منّا الفراشات بالشباك ويَسِمُونها ويصبغونها ويسجّلون النتائج اقتربت عربة نقل حمراء من طريق التلال وتوقفت فى مواجهتنا وسأل أحد ركابها –وهو من سكان المنطقة– بصوت عال ملوّحاً بطريقة ودية: ماذا تفعلون؟ وكانت إجابتنا نموذجية "إننا نعمل فى مجال الآفات الضارة لحساب الحكومة"، وهى إجابة تبلورت عبر سنوات وكانت صادقة تقريباً، فالفراشات تتغذى على النباتات فى تلك المنطقة وكان بحثنا مُدعما جزئيا من جانب المؤسسة القومية للعلوم وهى وكالة حكومية. لقد استغرقنا زمناً طويلاً حتى اكتشفنا أن إجابة مثل "إننا نَسِم الفراشات للتعرف عليها أينما ذهبت" تُستقبل بالشكوك، وأن رداً مثل "إننا نصبغ الأعضاء الجنسية لذكور الفراشات لنتّبين أىّ الإناث تتزاوج معها" قد يبعث على الضحك الهستيرى.

إن إيجاد أساليب للتعامل مع مثل تلك الأسئلة العارضة مشكلة مألوفة لدى إيكولوجيّى الحقل. فالقليل جداً من الناس يدرك لم يشتغل الايكولوجيون (وعلماء آخرون) – فى كثير من الحالات – فى منظومات ليست لها أهمية اقتصادية فورية، ولا يزال أقل القليل لديه بعض المعرفة بأنواع الأسئلة المطروحة من جانب الإيكولوجيين أو الإجابات التى يتوصلون إليها. ورغم أن معظم الناس يتملكهم الفضول الشديد فيما يتعلق بالأداء الوظيفىّ لعالم الكائنات الحية الذى يحيط بهم ويعيلهم فإنه لا التعليم المدرسىّ ولا وسائل الإعلام تقوم بتزويدهم بالمعلومات الأساسية التى يحتاجونها لفهمه. والباحثون الكادحون على ارتفاع عشرة آلاف قدم تقريباً ليس لديهم الوقت لتوفير الخلفية المطلوبة حتى لو كان السائل ميّالاً إلى الاستماع لشرح طويل. ومن حسن حظنا أن زائرنا لم يتساءل كثيراً وأننا عدنا إلى العمل.

ومع ذلك فأنا أشعر دائماً أنّى مذنب بدرجة ما حين أتنصلّ من مسئولية المثقف فى هذا المجال –ذلك الشعور أحد أسباب تأليفى لهذا الكتاب. فلا شئ أكثر أهمية اليوم للبشر من فهم كيف تعمل الطبيعة. إن المستقبل الفعلىّ لمجتمعنا يعتمد على ما إذا كان الإنسان المدرك قادراً على تعلّم أن يعيش دون أن يدمّر آلة الطبيعة على ذلك النحو الخطير الذى لا يستطيع أن يبقى على الحضارة طويلاً. ولهذا فليس ثمة علم والحق ليس هناك وجه من أوجه الثقافة الإنسانية أكثر أهمية من علم البيئة (الإيكولوجيا)– الذى يدرس العلاقات بين الكائنات الحية بعضها البعض والعلاقات بين الكائنات الحية وبيئاتها الطبيعية.

توجد بالطبع جوانب مهمة للغاية فى علم البيئة ليست لها تطبيقات مباشرة فى المسائل البيئية وإن كانت لها أهمية ثقافية ونظرية كبيرة.

إن علم البيئة علم واسع النطاق لأبعد حد. فهو يحاول فهم التنوع المربك فى الشكل والوظيفة والسلوك الذى تبديه الكائنات الحية التى تقاسمنا الحياة على الأرض –محاولة أصبح ناجحاً فيها بصورة متزايدة. فمثلاً قام الإيكولوجيون بتوضيح سبب كون ذكور بعض أنواع الطيور أحادية الزواج بينما تتزاوج ذكور باقى الأنواع مع عديد من الإناث. وهذا الاكتشاف ذو أهمية جوهرية كبيرة إلّا أن قابليته للتطبيق فى الحياة اليومية للناس محدودة. ويوضح علم البيئة أيضاً علاقة البشر مع باقى العالم الطبيعى ويبحث القيود التى تضعها الطبيعة أمام ضروب النشاط الإنسانى. ويوفّر علم البيئة من بين أشياء أخرى خططا مرشدة لإقامة أنظمة زراعة مؤازرة تتحمل الكثافة السكانية المتزايدة للبشر على الأرض– خطط يشكّل تجاهلها حتى الآن خطراً عظيماً على كل إنسان.

المبادئ الأساسية لعلم البيئة يسيرة بالنسبة لكل إنسان مدرك يرغب فى بذل قليل من الجهد فى سبيل تعلّمها. وهناك مكافآت عديدة على ذلك الجهد. إن الألفة مع أساسيات علم البيئة ستغيّر نظرتك إلى العالم، ولن تعود أبداً لمشاهدة النباتات والكائنات الحية الدقيقة والحيوانات (بما فيها البشر) بوصفها كينونات منعزلة. بل بديلاً عن ذلك سوف تراها وبدقة أكثر كأجزاء من كلٍّ مركّب ضخم لآلة الطبيعة - كما فى التعريف القاموسى: "عناصر مترابطة فى نظام يعمل وفق أسلوب محدد". وفى الفصول التالية من الكتاب سوف نفحص بعناية مختلف أوجه تلك الآلة بدْءاً بتكاثر وسلوك أطرافها المستقلة وانتهاءً بالأسس التى تحكم الأداء الوظيفى للمنظومة بكاملها.

لفهم آلة الطبيعة ستحتاج، ليس فقط، إلى إدراك كيف تعمل الآن بل إلى إدراك كيف شيدت عبر بلايين السنين. إن عملية التشييد التى تسمى التطور البيولوجى كانت تتراوح بين التواصل والانقطاع. وقد تبدّل سير العملية بفعل أشياء كثيرة، من النجاح والفشل النسبيّين للأجزاء المستقلة للآلة الإيكولوجية إلى التدمير الفاجع لأقسام كاملة منها. ولم يكن التطور هادفاً ولا سلساً ولكنه أنتجنا وأنتج كل ما يتعلق برفاقنا الأحياء وأنتج أوجهاً مهمة من بيئتنا الطبيعية. مجمل القول أننا نعيش جميعاً فى عالم يتطور وتتطور معه البشرية.

إن كل إنسان ليس مطّلعاً ولو بصورة عابرة على تاريخ وآليات التطور هو شخص مقطوع الصلة بالأوجه الأساسية لإنسانيته. وتلك فجوة شائعة غير أن المرء بوصفه إنساناً عاقلاً سيكون من الصعب عليه باطراد أن يتحمل ذلك. وكل إنسان غير مطلع على التطور سيواجه فى علم البيئة أفكاراً عسيرة على الفهم. فالإيكولوجيون فى دراستهم لتركيب أو سلوك كائن حىّ يحاولون فهم كيفية تطوره. وتشكل الآراء المتعلقة بالتطور جزءاً متمماً فى الفكر الإيكولوجى، فهى تفسر أداء آلة الطبيعة لوظيفتها على النحو القائم، ولذا سوف نبحث فى المتن السمات الأساسية لعملية التطور.

أحد الجوانب المثيرة للاهتمام والرئيسية فى هذا الكتاب ستكون عمّا يجده الإيكولوجيون باعثاً على التحدى ومشوقاً ومثيراً للضحك. سوف أتحرى وجهاً من علم البيئة غير مألوف لمعظم الناس. ولن أسهب فى القضايا الساخنة لعلم البيئة مثل الزيادة السكانية والانقراض والتصحّر والأمطار الحمضية والتخلص من النفايات السامة وصيد الحيتان وعجول البحر وسياسة الطاقة وإيكولوجيا الحرب النووية، وإن كنت سأشير إلى تلك القضايا بوصفها قضايا شائعة حين يقتضى السياق ذلك. إننى بالأحرى سأقوم بجولة حرة لها طابع شخصى مع مبادئ المعرفة العملية التى توفر -من بين أشياء أخرى- الأساس لصياغة وتقييم سياسات تعالج تلك المسائل العلمية.

تعريفى لعلم البيئة كما ستلاحظون تعريف واسع. فبالإضافة للموضوعات النموذجية مثل كيفية تغيّر العشائر فى الحجم وكيفية نشوء النظم البيئية يشمل التعريف أيضاً ببيولوجيا التطور وأوجها معينة من بيولوجيا السلوك. إنه اتحاد فروع

معرفة يسمى أحياناً بيولوجيا العشائر (لتمييزه عن غيره من علوم البيولوجيا مثل البيولوجيا الجزيئية وبيولوجيا الخلية.... إلخ). لكن الإيكولوجيا هو المصطلح الأكثر شهرة بسبب ضمه لفروع معرفية تشمل علم ما وراء الحياة على الأرض، إنه أيضاً المصطلح الأضيق.

تتواصل جولتنا من البسيط إلى المعقد. وتبدأ بعلاقات الكائنات الحية الفرادى مع بيئاتها الطبيعية. مثلاً: كيف يسخّر النبات الطاقة الشمسية، كيف تبقى الحشرات الدقيقة حية عند درجات حرارة كفيلة بأن تجمد حتى الموت إنساناً عارياً، كيف تستمد النباتات والحيوانات غذاءها من البيئات المحيطة. وننتقل إلى خواص العشائر –وهى مجموعات من أفراد نوع واحد تعيش فى نفس المساحة. وسنرى كيف ولماذا تنمو وتتقلّص وتتطور العشائر. ونتأمل بعدئذ التفاعلات داخل العشائر مثل سلوك التزاوج وتكوين الأسراب والقطعان من بين أفرادها. يلى ذلك فحص العلاقات بين أفراد من أنواع مختلفة– أُسود تهاجم الحمير الوحشية، حشرات تتغذى على نباتات المحاصيل، بعوض ينقل الملاريا للإنسان، نوعان من الخنافس يتنافسان على نفس المخزون من الحبوب.

نأتى بعد ذلك إلى خواص المجتمعات –وهى تجمعات من أنواع مختلفة تتواجد معاً فى المساحة نفسها– فنبحث أولاً تاريخ وجغرافية المجتمع (متى عاش أىّ منها وأين يعيش آخر) ثم ندرس بعدئذ تركيب المجتمع (كيف ولماذا تتعايش معاً أنواع بعينها). ونتأمل مسائل كثيرة مثل: لماذا لم تعُدْ توجد ديناصورات حية، ما الذى يقيّد عدد الأنواع التى تستوطن جزيرة فى محيط. وأخيراً نقوم باستكشاف النظم البيئية(*)، وهى ائتلاف المجتمعات ومحيطاتها الطبيعية. وهذا هو المستوى الجوهرى فى التعقد الإيكولوجى، والأمر الذى يناقش كثيراً فى الجانب السياسىّ من علم البيئة. إن البشر منغمسون فى نظم بيئية طبيعية تعيلهم، وهم ومنظوماتهم البشرية يدمرون تلك النظم على نحو سريع. إن فهم النظم البيئية مساو لفهم مكاننا فى العالم وإنقاذها إنقاذ لأنفسنا.

هذه الجولة فى علم البيئة ستمدك بوعى ذلك الفرع المعرفى ذاته وبكيفية عمل المشتغلين به وستفسّر لك لم نستمتع بالعمل – أنا وكثير من الايكولوجيين الآخرين مثل معظم العلماء – استمتاعاً عظيماً. ودراسة علم البيئة يمكن أن تكون بالنسبة لعالم أو شخص عادىّ على السواء ليس فقط مصدراً للتنوير أو وسيلة للمساعدة فى الإبقاء على الحضارة بل معيناً لا ينضب للتسلية أيضاً. فمعرفة كيف يعمل العالم تتيح ما هو أكثر من المشاركة الذكية فى القرارات الكبيرة لعصرنا. إنها تظهر دراما فى كل مكان،

(*) عند معالجة موضوع تقنىّ يصبح استخدام بعض المصطلحات ضرورياً فى سبيل الإيجاز والدقة. وقد حاولت، مع ذلك أن أقللّ لأدنى حد الرطانة وأن أقوم بتعريف كل مصطلح عندما يُذكر إما بصورة واضحة أو من خلال سياق الحديث.

فى الحدائق الخلفية للمنازل وفى البرك الصغيرة، على السافانا الأفريقية أو فى أمواه الحاجز المرجانى الكبير فى أستراليا. والعروض مجانية لأولئك الّذين يتعلمون كيف يشاهدونها.

يجد الايكولوجيون فى عملهم متعة تتعدد أساليبها. وعلم البيئة فرع معرفى واسع يتفاوت المشتغلون به فى خلفياتهم الفكرية وممارساتهم وأحاسيسهم الجمالية. فالمتعة الأعظم عند البعض هى تواجدهم فى حقل العمل يحاولون اكتشاف أسرار الطبيعة. وتكمن المتعة عند آخرين فى ابتكار نموذج رياضى مقنع يمكن أن يساعد على التفكير فى ظاهرة طبيعية معقدة. ويظل آخرون يجدون ارتياحاً كبيراً فى تصميم تجارب معملية شديدة التدقيق فى تفاصيلها لاختبار نظرية لم تجرب أو أفكار ظهرت أثناء المشاهدات الميدانية. ينساق بعض الايكولوجيين وراء رغبة حادة فى فهم كيف يعمل العالم وينساق آخرون برغبة مساوية نحو تطبيق المعرفة الخاصة بالبيئة لصالح البشرية.

هذا الاختلاف صحى بالنسبة لعلم البيئة ككل. فبسبب التعقد الشديد للكثير من ظواهر البيئة لا يوجد ضمان أن يحل أى تناول وحيد المشكلة المطروحة. ويغدو حل كثير من معظم الألغاز الايكولوجية الصعبة محتملاً على أيدى فرق من العلماء يطبقون تشكيلة من المهارات. لذا فإن اختلاف الاهتمامات يحسّن الفرص، حيث تكون المهارات المفترضة متاحة عند الحاجة إليها، كما أن ذلك يساعد على التطور السريع للعلم ذاته كمعرفة.

هناك رغم ذلك مخاطر فى الاختلاف. والخطر الواضح هو التجزّؤ إلى فروع أدنى أو حتى إلى "مدارس فكرية" داخل نطاق تلك الفروع وما يترتب على التجزؤ من نقص فى تبادل الآراء وهو ما يمكن أن يصبح مدمراً للعلم بكامله. لقد عانى علم البيئة تاريخياً من تلك النزعات ومازال هذا يحدث حتى اليوم ولكن بدرجة أقل بكثير. فالايكولوجيون الذين يدرسون العشائر لا يتناقشون كما ينبغى مع الايكولوجيين المهتمين بتعقيدات النظم البيئية والمنظّرون يقاطَعون أحياناً من جانب العاملين في الحقل والعكس صحيح. إن الخلافات حول مسائل يصعب حلها تصبح شديدة أحياناً كما سترى. ومع ذلك فإن معظم الخلافات تميل من حسن الحظ إلى شحذ العلم وتوضيح القضايا إن لم تحسمها فى أغلب الأحيان.

ومن ناحية أخرى توحى الاتجاهات الرئيسية فى علم البيئة اليوم بالأمل. فهناك اهتمام متزايد بالدراسات طويلة الأجل والمطلوبة بإلحاح للإجابة عن أسئلة مختلفة مثل: ما الذى يسبب تغيرات حجم العشيرة؟ ما أهمية التنافس بين الأنواع فى تشكيل المجتمعات؟ ما هو تأثير الاختلالات على النظم البيئية؟ إن المنظّرين والتجريبيين والمشتغلين بالتاريخ الطبيعى (الطبيعيون) يشرعون الآن فى الإنصات كلٌ للآخر

ويعملون معاً فى سبيل صالحهم جميعاً. وعلاوة على ذلك فإن مجموعة كبيرة مؤثرة حقاً من العقول الشابة الذكية تنجذب نحو ميدان الايكولوجيا فى العقدين الأخيرين متضمنة الكثير من النساء.

قطع الايكولوجيون شوطاً كبيراً فى تفسير الأوجه المختلفة للنظم بالغة التعقيد التى يبحثونها. وهم يبدأون الآن ربط الأجزاء ببعضها البعض. ولا يمكن أن تأتى عملية الدمج سريعاً لأن الفهم الأفضل للنظم البيئية جوهرى لإنقاذها. وعلى سبيل المثال يتخذ تساؤل شائع من جانب السياسيين الصيغة التالية: ما هى عواقب إبادة زُقّة القواقع أو انجراف =٥٠ ٠/٠ مما تبقى من غابة الأمازون المطيرة؟ ويجيء الردُّ فى الوقت الحاضر بلغة الهموم العامة وليس على أساس التنبؤات الأكيدة نسبياً والمحددة كما ينبغى أن يكون. ومن المحزن أن عدم التثبُّت من النتائج يُفسَّر من جانب صانعى القرار، فى أغلب الأحيان، كتفويض مطلق بعدم مباشرة أىّ إنجاز ما لم يتم التوصل إلى "اليقين". وقد تأكد هذا بصورة قاطعة فى الافتقار إلى الإرادة السياسية فيما يتعلق بوضع حدّ للأمطار الحمضية بحجة أنه لم يُجر بحث وافٍ يؤكد تسببها فى أضرار جسيمة.

من الجلىّ أن الايكولوجيين وعلماء آخرين ينبغى أن يحاولوا تثقيف غيرهم من البشر بشأن تقدير الأخطار المصاحبة لمختلف سبل الفعاليات طالما أنه لا يوجد "البتّة" من الوجهة التقنية يقين تام فى العلم (أو -فى الواقع- فى أى مجال للسّعْى الإنسانى).

لنتأمل ما قد يصبح الخطر الايكولوجى الأعظم اليوم - الخطر المتعلق بـ "شتاء نووى" يعقب حرباً نووية واسعة النطاق. إن الخطر كتقدير تقريبى أولىٍّ يمكن أن ينظر إليه على أنه نتاج احتمال وجود حدث ضار مضروباً فى حدٍّ ما لمقدار الضرر الناجم (فمثلاً احتمال خسارة ٥٠ ٠/٠ فى مبلغ قدره ١٠ دولارات يُعد نفس الخطر تقريباً الناتج عن احتمال خسارة ٥ ٠/٠ فى مبلغ قدره ١٠٠ دولار). بتلك الصيغة لا يهم كثيراً ما إذا كان احتمال أن تتسبّب حرب نووية فى شتاء نووى هو ٥ ٠/٠ أو ٩٥ ٠/٠ إن الشتاء النووى سوف يدمّر بقسوة النظم البيئية لنصف الكرة الشمالى أو ربما النظم البيئية للعالم بكامله حيث تباد الملايين من الناس وربما تفنى كل البشرية. وهكذا فالعامل الثانى فى معادلة الخطر وهو الضرر كبير بصورة لا تصدق. وهذا يجعل حجم العامل الأول - احتمال حدوث الشتاء النووى - أقل أهمية بكثير. إن ناتج العاملَيْن وهو الخطر يظل هائلاً حتى لو كان احتمال حدوث الشتاء النووى ١ ٠/٠

غير أن صانعي القرار في المجتمع الغربي لا يدركون هذا المبدأ الأساسيّ (ولو أدركوه لتوقف سباق التسلح النووي منذ وقت طويل) ولذا فإن التأثير المستقبليّ للايكولوجيين على السياسة سيكون من بعض الأوجه على الأقل عملاً متعلقاً بكيف يمكن أن تقلل التطورات السريعة في أساسيات علم البيئة الشكوك التي تعرقل العمل السياسي فيما يتعلق بالمطر الحمضيّ والشتاء النووي وقضايا ايكولوجية أخرى عديدة.

إن الأمل الكبير في تغيير السلوك الحالي للبشرية ربما يتوقف على السياسيين بدرجة أقل من توقفه على تنمية رؤية للعالم مستمدة جزئياً من المبادئ الأساسية لعلم البيئة فيما يسمى اتجاه علم البيئة العميق. وقد صاغ أرْني نايس بجامعة أوسلو في عام ١٩٧٢ مصطلح علم البيئة العميق في مقابل ما أسماه "علم البيئة الضّحل" الذي يتناول موضوعات الكفاح ضد التلوث واستنزاف الموارد الطبيعية في البلدان المتقدمة. واتجاه علم البيئة العميق يتأمل أنماط التفكير البشري والتنظيم الاجتماعي في العصر الحاضر وهو غير ملائم لمعالجة أزمة السكان والموارد كأزمة بيئية – وأنا أتفق معه في الرأي بهذا الخصوص. ويعجّ الاتجاه بالخلافات الداخلية إلا أن معظم الموالين له يحبذون بدرجة أكبر بكثير عالَماً يُنظر فيه للإنسان على أنه محور الكون عن عالَم المساواة بين البشر مع توكيد أشد على التّقمّص الوجداني وأضعف على العقلية العلمية.

إنني مقتنع أن ذلك الاتجاه شبه الدينيّ المعنيّ بالحاجة لتغيير القيم التي تحكم الآن الكثير من الفعالية الإنسانية ضروري لاستمرار حضارتنا. لكن الاتفاق على أنه ليس بمقدور ذلك الاتجاه ولا حتى بمقدور الايكولوجيا الأكثر شهرة الإجابة عن كل الأسئلة – حيث ثمة وسائل أخرى للمعرفة – لا يضعف قيمة الدور الحاسم الذي ينبغي أن يلعبه العلم الصحيح إن كان لحضارتنا الممتدة على الأرض أن تنقذ نفسها. فالقيم يجب ألا تؤسس على سفاسف عملية. والرأي المطروح مؤخراً من جانب أستاذ تسويق، والقائل إن الموارد الطبيعية غير محدودة لأن "النحاس يمكن أن يصنع من معادن أخرى" لا يمكن أن يشكل حقيقة بموجب اعتقاد عاطفي تقريباً. وبالمثل فالنمو السكاني للبشر لا يمكن أن يستمر إلى الأبد لمجرد أن عقيدة دينية أو سياسة ما تستمسك به ليبقى محتملاً أو مرغوباً.

مع التسليم بالمستوى الحالي للزيادة السكانية للبشر فإن تضافر التغيرات في القيم الأساسية مع تقدم العلوم والتكنولوجيا هو وحده الذي يبدو مُزوداً بالأمل في تجنب نكبات لم يسبق لها مثيل. إن إدراك كيف تؤدي آلة الطبيعة وظائفها هو الذي يمكن أن يهّيئ الأساس للتغيرات الضرورية في المواقف والخطط المرشدة من أجل الاستخدام الآمن للتكنولوجيا الجديدة. وتنمية ذلك الإدراك عمل أبسط لأبعد الحدود من تحويل الحضارة إلى مجموعة قيم جديدة تماماً. لكن حالما يتفهم معظم الناس علم البيئة سيكون ذلك التحول في القيم أكثر سهولة.

## الفصل الأول

# البقاء فى البيئة الطبيعية

## الإيكولوجيا الفسيولوجية

فى نهار صيفيّ وفى الفناء الخلفى لمنزل فى الضواحى أو على مرج جبلىّ تنتشر فوقه الأزهار وتطير الفراشات وتشدو الطيور يحدث العديد من التفاعلات بين الكائنات الحية وبيئاتها الطبيعية. وبواسطة النباتات التى ينساب الماء خلالها باستمرار يتم الاستيلاء على الطاقة من ضوء الشمس، وتتبادل جميع النباتات والحيوانات الغازات مع الغلاف الجوى. غير أن تلك العمليات ليست ظاهرة للعيان – بل وكانت مجهولة بالفعل قبل قرنين من الزمان.

إذا تغيرت البيئة الطبيعية فإن العلاقة بين الكائنات الحية وأوساطها المحيطة تتغير بدورها. وعلى سبيل المثال حين يهبط الليل تُجبَر الطيور على السكون وتكفّ الفراشات عن الطيران. وبمقياس زمنى أطول لو ضربت عاصفة ثلجية استثنائية متأخرة عن موعدها مرجاً جبلياً فى شهر يونيو أو لو نسىَ صاحب منزل أن يروى الحديقة الخلفية بضعة أسابيع غير ممطرة فستكون النتائج مفجعة: أزهار المرج يتم إتلافها وتتحول خضرته للون البنى. كل كائن حى فرد مُنظّم كى يستطيع أن ينمو ويتكاثر وفق مجموعة شروط بيئية معلومة، وإن وجد نفسه خارج حدود تلك الشروط تتعثر حتى التوقف عملياته الكيميائية اللازمة للحياة (التحول الغذائى). إن البرد القارص أو الماء القليل أكثر مما ينبغى غالباً ما يدفعان النباتات أو الحيوانات خارج حدود البقاء.

الفسيولوجيون يدرسون الأداء الوظيفى للكائنات الحية ويبحث الايكولوجيون المعنيون بوظائف الأعضاء العلاقات بين الأداء الوظيفى والظروف الخارجية، خاصة المتعلقة بالبيئة الطبيعية. وهذا هو المستوى الأساسىّ تقريباً لعلم البيئة والذى يتركز اهتمامه على الكائن الحىّ الفرد وليس على العشيرة أو المجتمعات أو النظم البيئية. وهو ذو أهمية عملية كبيرة، فإن كانت سلالة معينة من القمح أو نوع من الأبقار ملائماً للاستخدام فى مزرعة لها مناخ معلوم يصبح كلاهما فى المقام الأول من تساؤلات الايكولوجيا الفسيولوجية (علم البيئة المعنى بوظائف الأعضاء –م). وتكون تلك التساؤلات على غرار ما الذى يحدث لكائنات حية تعيش فى مجرى مائى إذا ارتفعت حرارته من جراء دفقات محطة توليد كهربائية أو إذا تغير تركيبه الكيميائى بفعل الأمطار الحمضية.

تُستوحى الأسئلة المطروحة على الايكولوجيين الفسيولوجيين غالباً من الملاحظات الخاصة بالكائنات الحية الخاضعة لمشاهداتهم – سواء أكانت تحيا فى مواطن واقعة عند الحد الأقصى من الظروف الطبيعية (مثل حرارة النهار ونقص الماء فى الصحراء)

أو تواجه ظروفاً استثنائية (مثل الجفاف أو التجمّد غير الموسميّ) فى بيئاتها المعتدلة أثناء الظروف العادية.

يمكن أن يكون تأثير الضغوط الطبيعية على الحيوانات والنباتات قاسياً – مثلما نشاهد حين يفشل سخان مائى لدى أىّ هاوٍ للأسماك الاستوائية خلال فترة مفاجئة وقصيرة من الطقس الرديء. إن أسماك نيون تيتراس والأسماك الملائكية تموت إذا انخفضت درجة حرارة الماء فى بيئتها عن ٦٠° فهرنهيت أو نحو ذلك. وفى المقابل لا تتكاثر أسماك السلمون المرقط لو وصلت الحرارة فى مجاريها المائية لتلك الدرجة من الدفء، أما الأسماك الذهبية التى تستطيع أن تحيا فى مياه درجة حرارتها ٧٥° فهرنهيت فلن تنزعج حتى لو هبطت درجة الحرارة لقرب التجمد شريطة أن يكون الهبوط تدريجياً.

وراء تلك المشاهدات البسيطة تكمن عدة مبادئ مهمة: المبدأ الأول، وهو بالأحرى الأوضح، أن النباتات والحيوانات تطوّر القابلية للتعامل مع الظروف الطبيعية التى تتعرض لها فى الأحوال العادية، أو أنها "تتَكيّف مع تلك الظروف" كما يقول التطوريون. فبعض الأنواع وخاصة التى تعيش فى بيئات متغيرة مثل مصبات الأنهار أو المناطق البرية ذات الفصول الاستثنائية، تستطيع أن تتحمل مدى واسعاً لحدٍّ ما من الظروف الطبيعية. ومن ناحية أخرى فإن الأنواع التى تعيش فى بيئات ثابتة تماماً مثل البحار العميقة والغابات الاستوائية المطيرة أو (فى حالة بعض الطفيليات) داخل جسم كائن حى آخر قد تستطيع البقاء داخل نطاق ضيق من الظروف الطبيعية.

فى الأنواع واسعة الانتشار جغرافياً يمكن أن تطوّر عشائر مختلفة قدرات مختلفة على التحمل، فمثلاً تستطيع العشائر الأوربية من ذبابة الفاكهة المتوسطية مقاومة البرد الذى يهلك ذباباً من نفس النوع يستوطن جزر هاواى. وقد أعاق عدم معرفة الأصل الجغرافى لذبابة الفاكهة المتوسطية الغازية حملة عام ١٩٨١ لإبادتها فى كاليفورنيا حيث كانت قد أدخلت بالمصادفة. وجرت عمليات رش كثيفة بالمبيد الحشرى "المالثيون". وحين اختفت عشيرة ذبابة الفاكهة المتوسطية ظل السبب الرئيسى لاختفائها محصوراً بين المالثيون كمبيد حشرى والشتاء البارد.

المبدأ الايكولوجىّ الثانى الذى تبيّنه ملاحظاتنا هو أن الكثير –إن لم يكن معظم الأفراد– من النباتات والحيوانات بإمكانه أن يغير قدراته على تحمل العوامل الطبيعية التى يتعرض لها إن تم تغييرها تدريجياً. وأنه يستطيع أن يتأقلم بدرجة أو بأخرى مع الظروف الجديدة. وكل إنسان تنقل فوق الجبال جرّب التأقلم بصورة مباشرة: وهو ترويض يتسبب فى اللهاث لأقصى حدّ ويحدث ألماً ناجماً عن نقص الأكسجين عند الوصول لارتفاعات عالية ويفضى إلى بعض القلق بعد قضاء بضعة أسابيع فى الهواء المتخلخل.

إن أساس تأقلم البشر مع الارتفاعات العالية مفهوم تماماً وناتج عن عدة تغيرات جسمانية – وإن كنا غير مدركين لها عادة – فيها يصبح تنفسنا أعمق وأكثر سرعة تدريجياً ليوصل الهواء بسرعة أكبر إلى أسطح الرئتين حيث ينتقل الأكسجين إلى الدم، وفى الوقت نفسه يتزايد توارد الدم إلى الرئتين وتتسع قدرة تيار الدم على حمل الأكسجين بعدة وسائل من بينها زيادة عدد خلايا الدم الحمراء، وهى الخلايا التى تحتوى على الهيموجلوبين وهو الصبغ الحامل للأكسجين والذى يكسب دماءنا اللون الأحمر. كل تلك التغيرات تحدث بمعدلات مختلفة: تغيرات التنفس تكتمل خلال بضعة أيام والازدياد التام لخلايا الدم الحمراء يستغرق أكثر من ستة أسابيع وإن كانت استجابة مبكرة لذلك الازدياد تظهر خلال يومين أو ثلاثة.

إذا قُضيت فترات طويلة جداً عند الارتفاعات العالية تظهر فى الأنسجة تغيرات إضافية وأكثر بطئاً تجعلها أكثر فعالية فى بيئة نقص الأكسجين. فالعضلات مثلاً تُنمىٍّ شعيرات دموية إضافية وهى الأوعية الدقيقة التى تنقل الدم. كل تلك العوامل تتضافر لإصلاح أو إزالة الألم الأصلى الناتج عن نقص الأكسجين.

فى هذا السياق ينبغى أن يُميزّ التأقلم بدقة عن تكيف التطور، الذى يبقى عملية مختلفة تماماً. التأقلم يحدث فى فرد ولا ينتقل منه للجيل التالى. وإذا عاشت امرأة عند ارتفاعات عالية عدة سنوات وحملت بعدئذ ووضعت طفلاً عند مستوى سطح البحر فلن يكون طفلها متأقلماً مع الهواء المتخلخل، بل إنها هى ذاتها ستتجه نحو فقدان تأقلمها. وفى المقابل فإن تكيف التطور مثل تنمية المقاومة لمسحوق د.د.ت عند الحشرات يظهر فى العشائر عبر أجيال عديدة ويُنقل من جيل إلى آخر بواسطة آليات سوف أناقشها فى الفصل التالى.

المبدأ الثالث من مبادئ الايكولوجيا الفسيولوجية هو وجود حدود لكل من تكيف التطور والتأقلم. فلا تستطيع سمكة مفردة أو نوع من الأسماك البقاء فى المحيط المتجمد الشمالى وفى بحيرة مياه عذبة أمازونية على السواء. وما من شيء يقدر على الحياة فوق الشمس. وذلك بسبب القيود العديدة المفروضة على الكائنات الحية بموجب تركيبها الكيمائى. وكمثال: مختلف البروتينات هى المكونات الرئيسية لبنية أجسام كل النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة. وتؤدى بروتينات أخرى عملها كمواد حفّازة بيولوجية وهى منظّمات ضرورية للعمليات الحيوية. وللبروتينات أشكال ثلاثية الأبعاد حاسمة بالنسبة لأدائها الوظيفى، وتتسبب الحرارة العالية فى تغييرها. ولا تستطيع معظم البروتينات الاحتفاظ بتراكيبها عند درجة غليان الماء ولندع جانباً درجة حرارة الشمس. وهذا هو السبب الوحيد فى كون الغليان وسيلة فعالة للتعقيم بدرجة هائلة، حيث تموت البكتيريا (مثل البشر تماما) لو فقدت بروتيناتها أشكالها الخاصة.

ورغم ذلك يكشف عالم الكائنات الحية دائماً عن مفاجآت. فقد وجدت أخيراً بكتيريا غريبة تعيش وتتكاثر فى مياه مُسخَّنة فوق الحدّ منبعثة من "المداخن السوداء" –وهى ينابيع حارة بعمق البحر يظل دفقها سائلاً (وليس بخاراً) بفعل الضغط الهائل عند أعماق تقدر بعدة آلاف من الأقدام. وبروتين تلك البكتيريا (وجزيئات أخرى كبيرة حاسمة) يظل قادراً على أداء وظيفته عند درجات حرارة تقترب من ٦٠٠ فهرنهيت وهى ثلاثة أضعاف درجة غليان الماء عند سطح البحر وتستطيع البكتيريا أن تتكاثر عند حوالى ٥٠٠ْ فهرنهيت. ويكمن السرّ فى الضغوط، إذ يبدو أن الحدود القصوى لاحتفاظ الأجهزة الحية ببقائها قد وضعت لا على أساس مدى حرارى مناسب كما كان يُعتقد، بل حسب تضافر ظرفى الضغط ودرجة الحرارة والذى يسمح بوجود الماء كسائل. وربما تكون النتيجة المثيرة لأبعد حد لهذا الاكتشاف الاستثنائى هى اتساع البيئات المحتملة التى قد توجد بها حياة على الأرض وفى الكون ككلّ.

رغم وجود تلك الأشكال الغريبة للحياة فالظروف الطبيعية التى تستطيع الغالبية العظمى من الكائنات الحية الأرضية أن تزدهر من خلالها محدودة تماماً. معظم النباتات، مثلاً، تحتاج لكميات ضخمة من ضوء الشمس. والحق أن كل النظم البيئية ذات الشأن تعتمد على الطاقة المستمدة من الشمس والتى تستولى عليها النباتات الخضراء فى عملية البناء الضوئى. وهناك بعض البكتريا مثل البكتيريا الموجودة حول "المداخن السوداء" تستمد طاقتها من تفاعلات كيميائية لا تعتمد على ضوء الشمس، وتمثل هذه البكتريا جزءاً ضئيلاً للغاية من أشكال الحياة المعروفة، إذ إن البناء الضوئى هو العملية التى يتم بها الاستيلاء على الطاقة من أجل كل النباتات والحيوانات المألوفة.

البناء الضوئى إذن يلعب دوراً رئيسياً فى بيئة كوكبنا، لذا لابد أن أتكلم هنا عنه وعن عواقبه باختصار قبل معاودة الحديث عن الموضوعات القائمة على معرفته. إن البناء الضوئى فى تفاصيله عملية مركبة جداً ولكنه باختصار عملية بسيطة للغاية. فالنباتات تصبح قادرة أثناء البناء الضوئى وبمساعدة ضوء الشمس على أن تجعل ثانى أكسيد الكربون يتحد مع الماء، وكلاهما لديه محتوى منخفض من الطاقة، داخل كربوهيدرات عالية الطاقة مثل السكر والنشا والسليلوز. وتُمتصّ الطاقة الضوئية من الشمس بواسطة صبغيات خضراء تسمى كلوروفيل، تكسب النباتات لونها الأخضر. تتحول الطاقة المستمدة من الشمس بعدئذ خلال سلسلة معقدة الخطوات إلى طاقة الروابط الكيميائية التى تربط جزيئات الكربوهيدرات مع بعضها البعض. ويتم إخراج الأكسجين كناتج ثانوى لعملية البناء الضوئى.

النباتات والحيوانات كلاهما قادر على استخدام الطاقة الموجودة فى الروابط الكيمائية لتسيير عملياته الحيوية. وتكتسب الحيوانات الطاقة، بالطبع، من أكل النباتات أو آكلات النبات أو بالتهام حيوانات أخرى تتغذى على آكلات النبات وهكذا دواليك. وطريقة الحصول على الطاقة من الروابط هى ذاتها من حيث الأساس فى كل من النباتات والحيوانات. وأكرر ثانية أن تفاصيل العملية مركبة ولكن المبدأ بسيط. وتعرف العملية باسم التنفس الخلوى وتشمل الأكسدة المنضبطة – نوع من الاحتراق البطيء– للكربوهيدرات. وهى عكس عملية البناء الضوئى تقريباً: يتفاعل الأكسجين مع الكربوهيدرات ويتحرر ثانى أكسيد الكربون والماء وبعض الطاقة المستمدة فى الأصل من الشمس. تُسخّر تلك الطاقة بعدئذ بواسطة مركبات كيميائية خاصة تحتوى على الفسفور لتستخدم فى انقسام\الخلايا ونمّو الأوراق والتكاثر وانثناء العضلات والتفكير وتقوم بكل ما يتعلق بالأمور الأخرى التى تربطنا بالحياة.

ليس هناك ما يبعث على الدهشة إذن فى ترتيب وضع النباتات الخضراء فى أى نظام بيئى بوصفها المنتِجات. وإن كانت من حيث ما اصطلح عليه لا تنتج الطاقة بل تقوم بنقلها عبر البناء الضوئى من الجزء الطبيعى إلى الجزء البيولوجى للنظام وتجعلها متاحة لجميع الكائنات الحية الأخرى، وأعنى المستهلكين. والنظم البيئية فى الظروف العادية تحتوى على مختلف مستويات التغذية للمستهلكين –آكلة العشب التى تتغذى على النبات وآكلة اللحوم التى تلتهم آكلة العشب وآكلة اللحوم والطفيليات التى تتغذى على آكلة اللحوم الأخرى...... إلخ. وتسمّى السلاسل المتعاقبة مثل (ذرة ←بقرة إنسان← بعوضة أو طحلب← حيوان قشرى دقيق← سمكة صغيرة← سمكة كبيرة ← سمكة قرش) سلاسل غذائية. وتنسج السلاسل الغذائية مع بعضها البعض وبصورة طبيعية شبكات غذائية. حيث يمكن، كمثال، أن يتغذى الإنسان على الذرة والأسماك والأبقار، وتلتهم أسماك القرش الإنسان أحياناً.

وفى هذا السياق فإن الطاقة ليست "الناتج" المهم الوحيد للبناء الضوئى، فالكمية الأعظم من الأكسجين فى الغلاف الجوى هى أيضاً ناتجة عنه، والواقع أن النباتات الخضراء غيرت تماماً وعبر مسار الزمن الجيولوجى كيمياء الغلاف الجوى للأرض. لقد تراكم الأكسجين تدريجياً فى الغلاف الجوى طوال أكثر من بليون سنة لأن ما كان يُنتج منه بواسطة البناء الضوئى أكثر مما كان يستخدم فى عمليات استهلاكية بما فى ذلك التنفس. والحق أن أكسجين الغلاف الجوى لم يصل إلى تركيزه الحالى إلاّ منذ ٦٠٠ مليون سنة تقريباً. وبمجرد أن أصبح الغلاف الجوى غنياً بالأكسجين أضحت الظروف الطبيعية لسطح الكرة الأرضية مواتية لإقامة الكائنات الحية. وحين أصبح الأكسجين متاحاً لإنتاج الأوزون كون الأخير حاجزاً فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى يعوق نفاذ الأشعة فوق البنفسجية الضارة. بعدئذ أصبحت الكائنات الحية حرة فى أن تغزو

اليابسة بعد أن كانت تضطر إلى اللجوء للمعيشة تحت الماء هرباً من الإشعاعات فوق البنفسجية. وهكذا حينما تكون الكائنات الحية معتمدة على حالة البيئة الطبيعية من أجل بقائها فإنها تَعدّل بدورها تلك البيئة بعدة وسائل وغالباً ما تجعلها ملائمة بصورة أكثر من أجل دعم الحياة.

الدور الرئيسى لضوء الشمس فى حياة النباتات الخضراء هو أحد الحقائق الأولية الأعظم فى الايكولوجيا الفسيولوجية. فالنباتات تعتمد، وكذلك الحيوانات (وإن كان بصورة غير مباشرة) على الضوء من أجل الطاقة لتسيير عملياتها الحيوية. ومع أن كلا من النباتات والحيوانات لديها بعض القدرة على اختزان الطاقة (فى الروابط الكيمائية للجلوكوز مثلاً) فإن تلك القدرة محدودة تماماً عادة. إن الكائنات الحية النشطة -التى ليست فى حالة خاصة ما من الراحة (مثل شجرة القَيْقب فى سباتها الشتوى)- تحتاج بدرجة أو بأخرى إلى إمداد مستمر بالطاقة حتى تظل سليمة وحية. ويُسبّب الانقطاع الفعلى فى انسياب الطاقة اضطراباً مثلما يحدث عندما يقضى شخص ما بضعة أيام بلا طعام أو يُختبر نبات ظل بإبقائه فى الظلام أسبوعين.

إن القلق الناشئ مؤخراً بشأن احتمال شتاء نووى ألقى الضوء على خضوع الكائنات الحية المألوفة لمجموعة محدودة من الظروف الطبيعية وبخاصة انسياب الطاقة من الشمس. وأبرز الفيزيائيون المعنيون بالغلاف الجوى أن حرباً نووية واسعة النطاق ستؤدى على الأرجح إلى تغيرات مفجعة فى البيئة الطبيعية لنصف الكرة الشمالى على الأقل وربما على امتداد الكرة الأرضية بكاملها. فالسّناج المحقون فى الغلاف الجوى عن طريق الحرائق المشتعلة من جراء العدد الكبير من الانفجارات النووية والمتحد مع الغبار المتصاعد من الانفجارات نفسها سوف يخفى الشمس لأسابيع. وفى غياب حرارة الشمس تنخفض درجات حرارة السطح القارىّ إلى ما تحت الصفر حتى منتصف الصيف.

الظلام فى حد ذاته سيصبح السبيل إلى الكارثة البيولوجية. وتفضى الإعاقة المستمرة لتدفق ضوء الشمس فى أى نظام بيئى إلى قطع سلاسله الغذائية عند نقاط انطلاقها. ويعتمد معدل انهيار السلاسل الغذائية، من أحد جوانبه، على قدرة الكائنات الحية فى السلاسل وخاصة المنتجة على اختزان الغذاء. وسيكون الانهيار بسبب غياب ضوء الشمس سريعاً على الأخص فى النظم البيئية البحرية حيث معظم الكائنات المنتجة طحالب وحيدة الخلية تطفو فوق سطح الماء (عوالق نباتية) -وهى نباتات خضراء دقيقة ذات احتياطيات صغيرة للغاية من الطاقة.

وهكذا سوف يتسبب انقطاع الضوء لفترة ممتدة فيما يمكن تأمّله بوصفه "مجاعة بيئية". وسيشكل انخفاض درجة الحرارة فى حد ذاته تهديداً سافراً لبقاء الكائنات الحية غير القادرة على تحمل البرد الشديد أو التجمد.

النباتات والحيوانات الاستوائية وتحت الاستوائية غير المتكيفة مع البرد ستكون عرضة للخطر بصورة خاصة. وحتى الكائنات التى تعيش فى مناطق معرضة بانتظام لدرجة حرارة التجمد مثل القوارض (التى تسبِت)(*) وشجر الحور الرجراج (الذى يبقى حياً بسهولة فى حالة السبات على سفوح المرتفعات فى كلورادو) قد تقاسى بشدة أثناء شتاء نووى. وذلك لأن النباتات والحيوانات كلاهما يحتاج، فى الظروف العادية، إلى فترة من الاستعداد التدريجى قبل أن يصبح قادراً على البقاء تحت ضغوط الشتاء.

يجتاز الكثير من الأشجار عملية من ثلاث مراحل للتمرّس على البرد. فحين يصبح النهار أقصر وقبل التجمد الأوّلى للفصل يتوقف النمو وتحدث تغيرات فسيولوجية تجهز النبات للمرحلة التالية. ويُطلق التجمد بعدئذ المرحلة الثانية ويستحث الحد الأقصى من البرد المرحلة الثالثة. وقد تم توضيح التغيرات التى تحدث فى المراحل الثلاث جزئياً بمعرفة الايكولوجيين وحدهم. يتضمن التغير الأول إعاقة حركة الماء إلى البروتينات، وهى عملية تثبّط تكوين بلورات الثلج المميتة داخل الخلايا. وفى تغير آخر تُفكّك الآلة الخلوية الدقيقة وتحفظ فى وحدات بسيطة تكون أقل عرضة لتدمير البرد.

ليس هناك ما يدعو إلى الغرابة فى أن الأنواع المختلفة من الأشجار تتمرس بدرجات مختلفة، وأن مقدار التمرس على البرد الذى تحققه شجرة ما متعلق بالنظام الحرارى الذى تتعرض له فى الظروف الطبيعية. فنبات المنغوليا فى جنوب شرقى الولايات المتحدة يستطيع مقاومة درجات الحرارة تحت حوالى صفر فهرنهيت فى الشتاء، بينما تقدر أشجار بتولا الورق الشمالية على تحمل درجات حرارة أقل برودة من -١٠٠° فهرنهيت.

حين تتمرس أشجار من عشائر مختلفة تنتمى لنفس النوع فإن ذلك يتعلق أيضاً بمكان معيشتها، حيث يكون للأماكن المختلفة أنظمة حرارية مختلفة. فالقرانيا الصفصافية الحمراء (كورنس ستولونيفيرا) شجيرة صغيرة تظهر فى حزام عريض عبر شمالىّ الولايات المتحدة وكندا تحت القطبية وألاسكا، وقد أُنبتت أفراد من هذا النوع تنتمى إلى أماكن مختلفة فى حديقة تجارب بمنيسوتا وكانت جميعها قادرة على أن تعيش عند ١٥٠° فهرنهيت تحت الصفر فى منتصف الشتاء، غير أن أشجاراً تنتمى لعشائر فى سياتل وواشنطون تستطيع البقاء عند درجة حرارة -١٠ فهرنهيت فقط بعد ١٧ أكتوبر متأخرة فى ذلك بشهر عن قرانيات شمالى داكوتا.

يوضح دليل آخر أن ثمة "إيقاعات تَمرُّس" منتظمة تتجلّى فى النباتات الخشبية بغض النظر عن التفسيرات البيئية. وكمثال فإن نباتات كثيرة لا تستطيع التمّرس أثناء فورة نموها فى الربيع تحت أية درجة حرارة أو أىّ طول نهار.

---

(*) السُبات: حالة يلجأ إليها بعض أنواع الكائنات الحية لاجتياز فترة غير ملائمة من الظروف الطبيعية (م).

خلاصة ذلك أن الأشجار التى تستطيع الصمود بسهولة عند ١٥٠° فهرنهيت تحت الصفر فى منتصف الشتاء قد تُقتل حين تتعرض لدرجات حرارة أقل من ١٥ فهرنهيت فوق الصفر أثناء فصل النمو. والحدود الفعلية لتحمل الأشجار درجات حرارة متطرفة فى أى وقت أضيق بكثير مما تتضمنه قدرتها على البقاء عند درجات حرارة متطرفة على مدار العام بكامله. وذلك هو السبب فى أن القدوم المفاجئ لشتاء نووى أثناء الربيع أو الصيف أو أوائل الخريف سيؤدى على الأرجح إلى القضاء على الأكثرية الساحقة من النباتات الخشبية. إن درجات الحرارة أثناء شتاء نووى قد تنخفض إلى ما تحت حدود تمرس أنواع كثيرة على البرودة. وبالنسبة لأنواع كثيرة أخرى لن يسمح توقيت وطبيعة التغيرات البيئية بحدوث التمرس. فنوبات الدفء قصيرة الأمد والجزئية، التى قد تحدث إن كان حجاب الغبار والسناج الناجم عن الحرب متفاوتاً، لن تجعل الأمور أفضل بأية درجة وسوف تُبطل أىّ تمرس يظهر. لسنا فى حاجة لذكر أن البرودة سوف تجْهز أيضاً على النباتات النامية غير الخشبية – المشتملة على القمح والأرز والطماطم أو أية محاصيل سنوية أخرى – ذلك أن ظلام ما بعد الحرب سيقوم هو ذاته بنفس الدور.

الحيوانات التى تصاب على حين غرة بالطقس المجمِّد مثلها مثل النباتات لا تقدر على البقاء فى أغلب الأحوال. وتنزع أيضاً نحو امتلاك أنطقة ضيقة من القدرة على تحمل درجات الحرارة، مقيدة فى ذلك بأوضاعها الفسيولوجية التى تتحدد بدورها بفصول السنة. وعلى سبيل المثال فإن الحيوانات تشبه، من ناحية ثانية، النباتات فى كونها تقضى الشتاء عادة فى حالة تحضير خاصة. ومعظم الحشرات القادرة على البقاء فى الشتاء فى ظل مناخات باردة تفعل ذلك فى طور "مُتمرّس" من الراحة.

بعض الحشرات تتمرس بإفراغ قنواتها الهضمية وتبقى حية لأن الماء فى خلاياها يفرط فى التبريد دون أن يتجمد. وتُدخل حشرات أخرى أنواعاً من الدهون أو السكريات فى سوائل أجسامها كى تخفض درجة الحرارة التى تتكون عندها بلورات الثلج. وأحسن مضاد طبيعى للتجمد من بين كل الأشياء هو الجليسرول الذى تستخدمه خنفساء القمامة فى منطقة تحت القطب الشمالى، والتى يختلف محتوى سائل جسمها من صفر من الجليسرول فى الصيف إلى ٢٤ ٠/٠ أثناء أبرد فترات الشتاء. وحين تتمرس تلك الخنافس على البرودة بصورة تامة فإنها تستطيع البقاء حية لفترة قصيرة عند درجات حرارة منخفضة حتى –١٢٥ فهرنهيت. ولكنها إذا "فوجئت" بالطقس البارد مع ضيق الوقت المتاح لها لتركيب الجليسرول فإن هبوط الحرارة إلى خمس درجات فهرنهيت فوق الصفر يميتها.

ليس لكل الحشرات أطوار خاصة للجَلّد على البرد، وحتى رغم ذلك فإنها لابد أن تبقى داخل نطاق تحملها للحرارة. إن أطوار التشتية المفرطة فى البرودة لكثير من الحشرات المائية أو البرية تتحاشى التجمد ببساطة عن طريق العيش عند أعماق كافية فى الماء أو التربة. ويتجنب نحل العسل التجمد بواسطة "التكتّل" – وهو تجمع الأفراد فى كتلة وتحريك عضلات أجنحتها باستمرار لتوليد الحرارة.

القدرة الأكبر على تحمل درجات الحرارة الباردة موجودة عند الحيوانات ذوات الدم الحار، ويقدر الكثير منها على البقاء حياً محافظاً على نشاطه فى برودة التجمد لفترة طويلة لامتلاكه طاقة كافية متاحة لإذكاء إتّقاده الأيضىّ. وفى حين يرحل كثير من الطيور إلى الجنوب بحثاً عن الغذاء الوفير وتجنباً لويلات الشتاء لا تهاجر طيور أخرى. فالقراقف الأمريكية متناهية الصغر والتى يزن الواحد منها أقل من نصف أوقية تتدبر أمر معيشتها فى الشتاء فى ظل مناخات مثل الثلاجات فى لابرادور واليوكن وألاسكا. وهى تفعل ذلك بترك درجات حرارة أجسامها تهبط من الحالة الطبيعية وهى ١٠٤ْ فهرنهيت أثناء النهار إلى ٨٦ْ فهرنهيت أثناء الليل. ويوفر هذا الخفض لدرجة حرارة الجسم طاقة ثمينة. ومع ذلك الاقتصاد تؤيض القراقف الأمريكية حوالى ٧٠ ٠/٠ من دهونها الاحتياطية فى الليلة الواحدة ومن ثم ينفد ما عندها من طاقة فى الساعات الأولى من اليوم التالى، ذلك أنها لم تتناول طعاماً أثناء الليل، ولذا فهى تشرع فى التماس المؤنة عند الفجر وتظل تتغذى طوال النهار حتى أثناء الطقس الباعث على الشقاء.

وفى المقابل مع القراقف الأمريكية تتهيأ أنواع أخرى مثل الزّرياب والسنجاب والسّمور والإنسان لفترات طويلة تكون البيئة الطبيعية أثناءها غير منتجة عن طريق الطاقة المدّخرة فى مخابئ لأكداس الطعام مثل جوز البلّوط أو حبوب البنيون أو الأفرع المغطاة باللحاء الرقيق أو القمح المحفوظ فى صوامع الحبوب وهلم جرا. وتخزن حيوانات أخرى من السحالى إلى الدببة الطاقة فى صورة دهون داخل أجسامها يساعدها فى محنتها أثناء الأوقات العصيبة.

تدخل الثدييات الصغيرة الخازنة للدهون فترة طويلة من السبات، عادة، تكون فيها درجات حرارة أجسامها منخفضة لتخطى الشتاء غير الكافى بالطعام. وتغدو الحيوانات الأكبر مثل الدببة غير نشطة ولكنها لا تدخل دور سبات فعلياً مثلما تفعل السناجب الأرضية. والاختلاف الرئيسىّ هو درجات حرارة أجسادها أثناء الشتاء. فالدب غير النشط تصبح درجة حرارته منخفضة خمس درجات فقط أو نحو ذلك، وتكون مدخراته من الطاقة ضخمة حتى عند تلك الدرجة. وفى المقابل تهبط درجة حرارة السنجاب الأرضى الذى يمر بالسبات إلى بضع درجات فوق درجة التجمد، وقد تبطئ دقات قلبه من مئات فى الدقيقة إلى خمس فقط. ويقوم السنجاب بإيقاظ نفسه كل

أسبوعين تقريباً وتعود درجة حرارته إلى الحالة الطبيعية ويبول ويظل نشيطاً لنصف يوم أو ليوم كامل وقد يأكل شيئاً ما أو يتبرز ثم يعود بعدئذ إلى السبات أسبوعين آخرين. إن سبب الاستيقاظات الدورية أثناء السبات غير معروف ولكنها تتسبب فى إنفاق ما يتراوح بين ٨٠ إلى ٩٠ ٠/٠ من طاقة الحيوان.

الواقع أن الايكولوجيين المعنيين بوظائف الأعضاء لم يحلوا بعد الكثير من ألغاز السبات بما فى ذلك الآلية الدقيقة التى تحدثه. والواضح أنها ليست بداية الشتاء البارد حين يقصر أو يتغير طول النهار. فلو تم الإبقاء اصطناعياً على سناجب أرضية فى حالة دفء وطول نهار ثابت على مدار عام كامل فستظل تبدى علامات فسيولوجية على دخول حالة السبات عند أول انخفاض لدرجة الحرارة وقصر لطول النهار وفى كل عام من ذلك الحين فصاعداً (مع أن "سنتها" الفسيولوجية مخصوصاً منها دلالات طول النهار هى أقل من ٣٦٥ يوماً). إن السنجاب المحفوظ فى غرفة معمل عند درجة ٩٥ْ فهرنهيت لا يستطيع بالطبع أن يخفض درجة حرارة جسمه غير أنه سيحرق من الدهون أثناء الشتاء كما لو أنه فى السبات بالضبط. والسنجاب مثل كثير من الكائنات الحية الأخرى لديه ساعة بيولوجية داخلية تنظم دورة السُّبات – لكن الكيفية التى تحافظ بها تلك الساعات على الوقت تبقى لغزاً ثابتاً بالنسبة للايكولوجيا الفسيولوجية.

تلك مجرد عينة لما اكتشفه الايكولوجيون حول كيفية تغلب الحيوانات على مشكلات ومصاعب البرد. غير أن هذه الوسيلة لن تحمى معظمها من وطأة البرد المفاجئة من النوع المتوقع فى حرب نووية والتى لن تكون أكثر إشفاقاً على الفونا منها على الفلورا. فما لم تكن الحيوانات مجهزة بالدهن المختزن أو بالطعام المكدَّس وما لم تكن فى طور مناسب من النمو فلن تستطيع البقاء حية خلال فترة البرد غير المألوف. وإن كان حيوان مثل القرقف الأمريكى يأكل ثمانى ساعات أو أكثر فى النهار أثناء الطقس البارد كى يظل حياً فإن الظلام سوف يجعل ذلك صعباً أو مستحيلاً. وتؤكد لنا الايكولوجيا الفسيولوجية الأساسية البسيطة أن شتاء نووياً لا يهدد مباشرة الوجود البشرى والزراعة فحسب، بل إنه سيكون فاجعاً بالنسبة للنظم البيئية الطبيعية أيضاً. وكما سنرى قرب نهاية هذا الكتاب فإن تلك النظم لابد أن تستمر فى أداء وظائفها على الوجه الصحيح إن كان للحضارة أن تدوم.

بالطبع لا يبدد الايكولوجيون الفسيولوجيون معظم أوقاتهم فى محاولات التنبؤ بأثر التغيرات الكارثية مثل تلك المتصورة فى أعقاب محرقة نووية، إذ إن أحد مهامهم الرئيسية هو اكتشاف لأىّ مدى تحدد البيئة الطبيعية فى الظروف العادية أين وكيف يستطيع كائن حى أن يعيش. وفى ذلك الإطار يجمعون المعلومات عما يجرى ويجعل الحياة مستحيلة بالنسبة لكائن حى ما. ويساعد هذا فى حل مشاكل عملية كثيرة مثل أىّ النباتات يكون قابلاً للنمو بصورة جيدة فى شريط الأرض الذى يشغل الجزيرة

الفاصلة بين اتجاهى الطرق السريعة، وكيف يستطيع النحل الأفريقى "القاتل" الغازى لأقصى شمالىّ الولايات المتحدة أن يبقى حياً. (الإجابة عن السؤال الأخير حسب رأى الايكولوجى أورلى تايلور بجامعة كانساس هى عن أماكن مثل أقاصى الشمال كسانتاكروز وكاليفورنيا ووسط تكساس والجزء الجنوبى الشرقى من ساوث كارولينا – وهى أماكن يكون معدل درجات الحرارة اليومية فيها مرتفعاً وبالنسبة لشهر يناير يكون ٦٠° فهرنهيت على الأقل).

يقع الايكولوجيون الفسيولوجيون أسرى لألغاز ليس لإجاباتها قيمة عملية واضحة أو فورية. وكمثال هناك كائنات حية قريبة الصلة ببعضها تعيش فى مناخات محلية مختلفة تماماً، ويتوق الايكولوجيون الفسيولوجيون إلى معرفة كيف تفعل ذلك ولماذا يتنقل أحدها داخل موقع له مجموعة ظروف طبيعية واحدة بينما يتنقل كائن آخر فى موقع مختلف. وعلى سبيل المثال: تزدهر شجرة طويلة من العائلة البازلائية (مورا إكسيلسا) بوصفها المكون الرئيسى للظُلّة التى تشكل المستوى العلوى لغابات ترينيداد المطيرة، فى حين ينمو نبات قصير من نفس العائلة (برونيا لاتيفوليا) بصورة ملائمة جداً تحتها مباشرة.

هذا خيط رفيع من اللغز لأن الفروق بين الظروف المناخية المحلية للظُلّة والأجزاء التى تحتها مباشرة لافتة للنظر بشدة. والفرق الأكثر وضوحاً هو كمية ضوء الشمس المتاحة للبناء الضوئى، إذ إن أقل من ٥ ٪ من الضوء الساقط عموماً على الظلة ينفذ إلى طبقات النباتات الواقعة أسفلها. والواقع أن النقص الشديد فى الضوء يقلل لحد كبير عدد النباتات التى تستطيع النمو تحت الظلّة ومن ثم يصبح التجول فى أعماق غابة مطيرة سهلاً للغاية. إن "الدغل" المتشابك الأغصان فى أفلام طرزان السينمائية ليس فى واقع الأمر من السمات المميزة لأعماق الغابة الاستوائية المطيرة ولكنه يقع بالأحرى على حوافها وعلى امتداد جداول وأماكن أخرى يستطيع الضوء الوفير اختراقها.

وعليه ينبغى أن تحوى نباتات ما تحت الظُلّة جهاز بناء ضوئى متوافقاً مع أداء الوظيفة عند مستويات إضاءة منخفضة عن تلك النباتات الواقعة عند الظُلّة، فضلاً عن قدراتها على التعامل مع نوعية مختلفة من الضوء. إن كثيراً من الضوء الواصل إلى داخل أعماق الغابة يكون مُخضراً وفاقداً الكثير من الجزءين الأحمر والأزرق من الطيف أثناء مروره خلال الأوراق التى تعلوه وهما الجزءان اللذان يستخدمان عادة فى البناء الضوئى. ومن ثم فنباتات ما تحت الظلة لها عملية بناء ضوئى خاصة تعمل بفعالية عالية نسبياً تحت ظروف الضوء الضعيف الاستثنائية. وبسبب تكيفها مع الضوء المرشح النافذ إلى داخل الغابة المطيرة تستخدم نباتات تحت ظلة عديدة للزينة داخل البيوت والمكاتب حيث من النادر أن تتساقط أوراقها الجذابة كما أنها لا تحتاج

إلى الضوء القوى، بل إنها لا تنمو فيه بصورة جيدة وإنما تزدهر فى الضوء الخافت لغرف المعيشة ومكاتب الأطباء.

إن كمية الضوء ونوعه ليسا الفرقين المناخيين المحليين الوحيدين بين الظلة وما تحتها فهناك فرق آخر هو عدم وجود رياح داخل الغابة المطيرة، ولذا يصبح التلقيح بالرياح استراتيجية عديمة القيمة بالنسبة لنباتات ما تحت الظلة بينما يغدو التلقيح بواسطة الحيوانات استراتيجية أعظم نفعاً. وحتى أفراد العائلة العشبية –وهى من مجموعة تتلقح أزهارها فى مكان آخر بواسطة الريح فى أغلب الأحيان – تنمّى داخل الغابات المطيرة أجزاء نباتية فاتنة مميزة لاجتذاب الحشرات، ولما كان من الصعب أن ترى الألوان المشرقة فى عمق الغابة نصف المظلمة فإن تلك النباتات تطلق روائح جذابة قوية. والواقع أن الكثير من نباتات الغابات المطيرة ذات الأزهار الصغيرة البيضاء المخضرة تجذب الذباب والنحل الصغير عن طريق روائحها.

المحدث والمغال كذلك بالنسبة لهذه الاستراتيجية يتمثل فى أنواع معينة من العائلة النباتية العجيبة - **Rafflesiaceae**التى يعتقد البعض أنها بعيدة الصلات بنبات بايب الرجل الهولندى. والأنواع هذه متطفلة على غيرها من النباتات وتحل مشكلة الضوء عن طريق سرقة منتجات البناء الضوئى لعوائلها، وتنمو فى الغالب كخيوط شبه فطرية داخل أنسجة جذور وسوق عوائلها، وتظهر ألوانها الحقيقية بوصفها نباتات زهرية عندما يحين موعد التكاثر وحينئذ يمكن أن تكون النتائج مذهلة حقاً. فى نبات رافليسيا أرنولدى وهو نوع منها ينمو فى الغابات المطيرة يكون طول الزهرة نحو ثلاثة أقدام وهى تعيش فوق اللحم المتعفن وتشمّه وأحد أسمائها الشائعة "زنبق الجيف النتنة"، وفى حين أن الرائحة ليست جذابة بالنسبة للإنسان فإنها تغرى الذباب الذى يقوم بالمهمة الضرورية المتعلقة بنقل حبوب اللقاح من الأزهار المذكرة إلى الأزهار المؤنثة.

نقص الرياح تحت الظلة يجعل داخل الغابة رطباً جداً، وهذا يضع النباتات التى تعيش هناك أمام مشكلة أخرى. فتكون أوراقها طويلة العمر، ومع التسليم بقلة الضوء المتاح فإن هذه النباتات ليس بإمكانها تحمل تساقط واستبدال أوراقها. غير أن الأوراق فى بيئتها الرطبة سرعان ما يغطيها نمو الفطريات والطحالب، والأشنات التى قد تقطع عنها ما تتلقاه من ضوء قليل. وللتغلب على ذلك تمتلك النباتات أوراقاً ذات أسطح ملساء وأطراف مستدقة ناتئة وطويلة بصورة خاصة مصممة للتخلص من ماء المطر بسرعة وإعاقة نمو المستوطنين المحتملين.

التكيفات المعقدة مع المناخات المحلية توجد أيضاً عند حيوانات صغيرة تعيش تحت الظلة. فالطيور الطنانة تقوم بنقل حبوب اللقاح إلى أزهار الهيليكونيا – وهى نباتات ذات قرابة بالموز لها أزهار شبيهة بزهرة عصفور الجنة. وداخل تلك الأزهار يعيش حلَم

دقيق الحجم يشارك الطيور الطنانة الرحيق وينتقل من زهرة لأخرى متعلقاً بأجسامها. وقد أجرى زميلى ديفيد دوبكين عندما كان طالب دراسات عليا بجامعة كاليفورنيا أبحاثاً مكثفة على عشائر من نوع ذلك الحَلَم تعيش فى ترينيداد واكتشف أن الحَلَم داخل الأزهار المختلفة يتعرض لمناخات محلية مختلفة، وأن الأزهار التى لا تكون محجوبة عن الشمس جيداً لا تستطيع إعالة عشائرها من الحَلَم. وواقع الحال أن التعرض المؤقت لزهرة إلى ضوء الشمس المباشر لما بين ثلاثين ثانية وخمس دقائق (وهو ما يحدث عندما تنتقل بقعة من ضوء الشمس عبر أرضية الغابة المظلمة) يبدو كافياً لإجهاد الحَلَم بصورة خطيرة.

وحتى داخل نطاق زهرة واحدة يختلف المناخ المحلى من مكان لآخر حسب الوقت، ويتحرك الحَلَم من مكان إلى مكان كى يظل فى الظروف الأكثر ملاءمة. وقد أظهرت تجارب ديفيد الدقيقة أن أمثلة من حركة بقعة ضوء الشمس تحت الظلة يمكن أن تكون فائقة الأهمية فى السيطرة على حجم عشائر الحَلَم فى زهرة الطائر الطنان. إن عملاً مشابهاً من جانب ديفيد وآخرين عن تأثيرات المناخات المحلية على أنشطة الحشرات آكلة العشب يوضح أن فهم البيئة الطبيعية الحالية للكائنات الصغيرة التى نعتبرها حشرات ضارة يمكن أن يساعد بشدة فى كبح جماحها.

تخلق المناخات المحلية برطوبتها العالية للغاية وطاقتها الشمسية القليلة مشاكل أمام نباتات قاع الغابة. وفى المقابل فالأنواع الصحراوية ينبغى أن تتغلب على مصاعب قلة الماء. وربما كانت أغرب النباتات التى حلت تلك المشكلة نباتاً ذا صلة بعيدة بالصنوبريات واسم صعب على الأسماع هو ويلْوتشيا ميرابيليس، وهو يعيش فى صحراء الضباب الواقعة جنوب غربى أفريقيا. وأفراد ذلك النوع بطيئة النمو تحيا مغطاة جزئياً بالرمل، وتشمل على ساق جذرى سميك وتنتج فقط ورقتين طويلتين مجعدتين تنشقان طولياً فى أغلب الأحوال. ويحتاج النبات إلى قرن تقريباً للوصول إلى حجمه التام، والشئ نفسه بالنسبة للأوراق (عرضها ياردة عادة) التى تدوم طوال عمر النبات وتبلى عند الأطراف وتستمر فى النمو عند القاعدة. ومعظم ما يحتاجه النبات من الماء لا يحصل عليه أثناء سقوط المطر أو من رمال الصحراء بل يمتصه مباشرة من الضباب والندى الشائعين فى المناطق الصحراوية حيث يعيش. وبسبب نموّه بالغ البطء فإن ذلك النوع عرضة للاختلال من جانب البشر، ولذا فهو فى الوقت الحالى أحد النباتات القليلة الخاضعة للحماية فى أفريقيا.

تفضى مسألة أين وكيف تعيش الكائنات الحية إلى مبدأ أساسىّ فى الايكولوجيا الفسيولوجية يمكن تلخيصه ببساطة: "هناك أكثر من وسيلة واحدة لسلخ القط"، فحين تواجه الكائنات المتشابهة مشكلة ما تنمىّ حلولاً مختلفة لها فى أغلب الأحوال. الطيور عند تعرضها لوطأة الشتاء يهاجر بعضها إلى مناخ أدفأ ويمكث البعض الآخر فى

الطقس البارد ويطوف باستمرار بحثاً عن الطعام. الفئة الأولى تواجه مخاطر جمة فى هجرتها والفئة الثانية تعيش غالباً على حافة الجوع أو التجمد حتى الموت. ومع ذلك فكل من الاستراتيجيتين يمكن أن يكون ناجحاً تماماً.

ليست الحيوانات الأمثلة الوحيدة على استراتيجيات سلخ القط فالنباتات من جانب آخر تقدم المبدأ على خير ما يرام. وفى حين تكون الرطوبة غير كافية كزاد عادة للنباتات الصحراوية فإن الضوء كما أشرت منذ قليل لا يكون كذلك فى الأحوال العادية. وقد أوضحت دراسات ممتازة فى الايكولوجيا الفسيولوجية أن أنواعاً نباتية مختلفة كيّفت استراتيجيات مختلفة لاستغلال ضوء الشمس الوفير. وقارن هال مونى وجُوى بيرى زميلاى بجامعة ستانفورد بصحبة جيم ايليرنجر بجامعة أوتاه آليات البناء الضوئى لنباتين حوليين ينموان فى وادى الموت عقب أمطار الشتاء. والنبات الأول هو كاميمسونيا كلافيفورمس (من عائلة زهرة الربيع المسائية) وله أوراق ذات أوضاع ثابتة، أما النبات الثانى فهو مالفاستروم روتنديفوليم (من عائلة القطن) وأوراقه متغيرة الأوضاع خلال النهار كى تواجه أنصالها الشمس المباشرة. وللنبات الأول قدرة كبيرة غير عادية على القيام بالبناء الضوئى، وهو يحقق ذلك بالسماح لثانى أكسيد الكربون بالمرور بسهولة إلى أوراقه وبإنتاج تركيز عال من إنزيمات معينة ضرورية لعملية البناء الضوئى (فى الظروف العادية هناك نقص فى تلك الإنزيمات التى تحدد فاعلية البناء الضوئى). وتكون درجة الحرارة المثلى من أجل تشغيل جهازه الخاص بالبناء الضوئى ٧٠ فهرنهيت تقريباً وهى الدرجة التى تسمح بالتأثير المبرّد على الماء المتبخّر من الفتحات الدقيقة فى أوراقه، وهى بالضبط حول معدل درجة حرارة الأوراق.

أما نبات مالفاستروم فإنه لا يوظف بالمثل كثيراً من الطاقة لإنتاج الإنزيمات ولذا يمتلك حداً أقصى من القدرة على البناء الضوئى أقل من القدرة العادية، ويعوض هذا بتتبّع أوراقه للشمس ويصبح من ثم قادراً على الوصول إلى هذا الحد مبكراً أثناء النهار والإبقاء عليه لفترة أطول. وبسبب مواجهة أوراقه الدائمة للشمس فإنها تصل لمعدل أعلى من درجات الحرارة وهو ٨٥ فهرنهيت تقريباً. استجابة لذلك تطور جهازه للبناء الضوئى كى يعمل بفاعلية أشد عند تلك الدرجة. ورغم استراتيجيتيها المختلفتين تماماً للقيام بالبناء الضوئى فكلا النباتين يستولى على نفس الكمية تقريباً من طاقة الشمس يومياً.

هكذا تواجه النباتات وتحل سلسلة كاملة من المشكلات لاكتساب الطاقة (ضوء الشمس) التى تحتاجها. غير أنها تحتاج كذلك لمواد لازمة (ثانى أكسيد الكربون والماء والمغذّيات) كى تقوم بعملياتها الحيوية. وقد أوضح الايكولوجيون الفسيولوجيون الوسائل المتضافرة التى حورتها نباتات عديدة لمواجهة احتياجاتها من الطاقة والمواد اللازمة. ويلعب الماء دوراً رئيسياً فى تلك العمليات فضلاً عن اشتراكه المباشر فى البناء الضوئى.

أوراق معظم النباتات ذات أساس بنائى ضعيف للغاية وتبقى منتفخة بفعل ضغط الماء فى خلاياها. وطالما أنها تقوم بالبناء الضوئى يلزمها وجود أعداد كبيرة من الثقوب الدقيقة التى يستطيع ثانى أكسيد الكربون أن يدخل من خلالها إلى أوساطها الداخلية الرطبة. ومثلما يدخل ثانى أكسيد الكربون بصورة حتمية يُفقد الماء. وعليه فمن أجل المحافظة على شكل وتوجيه الأوراق ينبغى أن تمتص جذور النباتات الماء من الأرض وتقوم بإمراره إلى أعلى عبر السوق حيث يكون مآله الفقدان عن طريق التبخر من خلال الثقوب الدقيقة (يطلق على عملية فقد الماء النتح). ويسمى هذا الماء المفقود "ماء النفقة" الخاص بالبناء الضوئى.

إن كمية الماء المنتقل من التربة إلى الهواء بواسطة النباتات هائلة، فيمرر نبات واحد من القمح يزن جافاً عند نضجه نحو رطل، يمرر عبر جسمه ما يقرب من ستين جالوناً من الماء على مدى عمره. وأى شخص يهمل النباتات المائية أو نباتات الحديقة فى منزله يعرف عن قرب الذبول الذى ينجم عن الدخول غير الكافى للماء، وإن لم تستطع الجذور أن تستخرج ماءً كافياً من التربة فلن تستطيع أوراق كثير من النباتات الاحتفاظ بأشكالها.

النباتات الأخرى المتكيفة مع الظروف الأكثر جفافاً تكون غير قادرة فى أغلب الأحوال على القيام بمثل ذلك النتح السريع، ولذا فقد طورت أبنية أكثر رسوخاً لا تحتاج لضغط الماء من أجل اليبوسة ومثالها سيقان الصبار التى يعرّض عليها النبات أسطحه الخضراء المختصة بالبناء الضوئى للشمس. بهذه الطريقة يقلّ جريان (وفقد) الماء وكثير من النباتات الصحراوية يقلل فقد ما يحصل عليه من الماء لحد أبعد من ذلك بواسطة نوع خاص من الأيض يسمح لها بالحصول على ثانى أكسيد الكربون أثناء الليل كى يستخدم فى البناء الضوئى فى نهار اليوم التالى، لذلك فإنها تبقى على ثقوبها مغلقة أثناء حرارة النهار حين يكون احتمال فقد الماء فى أعلى درجاته. وما يسترعى الاهتمام أن الأيض المقتصد للماء لا يحدث بصورة دائمة فبعض أنواع النبات لديه القدرة على التحول إلى الأيض المحافظ للماء (الذى يكون منتجاً بدرجة أقل عادة) وذلك فقط حين يكون الإمداد بالماء غير كاف. ورغم ذلك ففقدان الماء حتمى بدرجة ما، وليس هناك حتى الآن نبات قام بتطوير آلية لامتصاص ثانى أكسيد الكربون من الجوّ دون أن يُخرج الماء (ولو أن النباتات لا تفقد الماء حين تستخدم ثانى أكسيد الكربون الناتج من تنفسها –وهو مصدر ذو دلالة فى بعض الظروف).

طورّت الحيوانات بدورها وسائل مختلفة للحفاظ على الماء من أجل الضرورة، مثل وجود جلد غير منفذ للماء وإخراج براز جاف تماماً وهما وسيلتان شائعتان. ومثل النباتات أصبحت الحيوانات فعّالة للغاية عند استخلاصها للطاقة من بيئاتها. فهى مثلاً قد تتخصص فى أكل أنواع معينة من الكائنات الحية أو تبحث عن غذائها بوسائل

خاصة أو فى أماكن بعينها. ويرقات الفراشات الشطرنجية فى كلورادو تستهلك نباتات من عائلتى أنف السمكة وصريمة الجدى. وفى الأماكن نفسها تأكل يرقات الفراشات المعروفة باسم "الزُّرق" البقوليات عادة (والتى لا تقربها اليرقات الشطرنجية)، وفى حين تهاجم يرقات "البيض" نباتات من عائلة الكرنب فإن كلا من يرقات الفراشات الشطرنجية والزُّرق تتجنَّبها. هكذا طور كل نوع من الفراشات القابلية لتعيين نباتات غذائه الخاص.

من قبيل ذلك أن بعض الطيور المغردة فى الشمال الأمريكى تصطاد الحشرات من فوق أجنحتها فى معظم الأوقات، وتتخصص طيور أخرى فى التقاط الحشرات من أوراق النبتة، بينما يستخرجها البعض من تحت لحاء الشجر. إن الأسود تعدو بأقصى سرعة منطلقة من كمين نحو فريستها، وتلاحق كلاب الصيد الفريسة بلا هوادة لمسافات طويلة. وكل من هؤلاء الصيادين مبرمج من حيث البنية والسلوك للبحث عن الغذاء ويحصل بالتالى على الطاقة التى يحتاجها بأسلوبه الخاص.

يمكن للتعلم أن يلعب دوراً رئيسياً فى كيفية بحث الحيوانات عن غذائها. فمثلاً من المحتمل أن أحد أسباب كون الفئران رفاقاً ناجحين جداً (ولو أنهم غير مدعوين لذلك) للإنسان المدرك هو قابليتهم للتكيف مع أغذية غير مألوفة ومن ثم اختيارهم لمصادر جديدة للطاقة. وتفعل الفئران ذلك بتضافر حب الاستطلاع وحاسة تذوق متطورة بدرجة كبيرة مع الحذر الشديد. يشم الفأر جيداً مادة غير معتادة وإن بدا كل شئ على ما يرام فإنه يأكل كمية صغيرة للغاية ولا يقرب بعدئذ الطعام الجديد فترة تقرب من أربع وعشرين ساعة. فإن لم يعان بعد ذلك أيَّة آثار مرضية فإنه يتناول عينة فى صورة كمية أكبر، ويضيف ذلك الطعام تدريجياً لغذائه. أما لو أحسَّ أى اضطراب فإنه يتحاشى ذلك الطعام إلى الأبد حتى وإن كان الاضطراب ليس ناجماً عنه (وقد أثبتت التجارب أن الفئران المحقونة بمادة تسبب الأعراض نفسها التى يحدثها الطعام المسموم تتجنب من ذلك الحين فصاعداً الطعام غير المألوف الذى تناولته قبل ذلك بساعات). هذا النوع من التعلم بـ "محاولة واحدة" يجعل الفئران عصيَّة لأقصى حد على التسمم بفعل أية مادة تنتج أعراضاً فورية. ذلك هو السبب فى كون الورفرين الذى يعمل ببطء بالغ على تدمير قابلية الدم للتجلط أكثر سموم الفئران نجاحاً.

العادات الغذائية للبشر والفئران لها مجموعة من السمات المشتركة. فالفئران مثل الناس تفضل تناول الطعام فى مجموعات – من المفترض أن وجود فئران أخرى تأكل بنهم يعزز فكرة أن الطعام غير مؤذ. وكل من البشر والفئران يتناول تشكيلة واسعة من الأطعمة ويلعب التعلم دوراً رئيسياً فيما يختار أى فرد. الفئران تتعلم عند اقترابها من طعام جديد عن طريق تحديد رائحته المنبعثة من فئران أخرى. وحالما تترسخ الأغذية

المفضلة فإنها تتغير ببطء – مثلما يظهر فى سلوك المهاجرين من البشر حين يحملون معهم دائماً إلى الوطن الجديد أسلوبهم القومى فى المطبخ. والبشر مثل الفئران يعرضون عن الأطعمة التى سببت عند تناولها اضطرابات فى المعدة. وحين يقدَّم لكل من الفئران والأطفال الصغار مجموعة كبيرة من الأطعمة الطبيعية فكلاهما يختار الغذاء المتوازن. وقد يُعزى جانب من أسس الاختيار المبكر فى كلا النوعين إلى ما هو مفضّل فى طعام الأم الذى تنتقل رائحته إلى لبنها(*).

الطاقة والأكسجين والكربون والماء مصادر حيوية لابد أن يحصل عليها كل نبات وحيوان. غير أنه يحتاج أيضاً لنحو عشرين مُغذّياً من عناصر أخرى تشمل كميات كبيرة من النتروجين والبوتاسيوم والفسفور علاوة على كميات متوسطة من الكالسيوم والماغنسيوم والكبريت والحديد، بالإضافة إلى مقادير ضئيلة للغاية من عناصر النحاس والزنك والبورون. وللنباتات والحيوانات احتياجات متشابهة من المغذيات لأن آلة الأيض فى كل الكائنات الحية الراقية لها نفس التصميم وتتكون من عناصر كيمائية متشابهة. وكمثال فالكبريت عنصر مهم فى تركيب كل البروتينات (التى تتكون فى الغالب من الكربون والهيدروجين والأكسجين والنتروجين) والحديد عنصر رئيسىٌ فى الهيموجلوبين الذى يحمل الأكسجين فى الحيوانات وكذلك فى جزئيات لازمة لجهاز توجيه الطاقة فى الحيوانات والنباتات على السواء.

باستثناء الأكسجين تحصل الحيوانات، فى الأحوال العادية، على المغذّيات التى تحتاجها من طعامها ومائها. لكن لما كانت النباتات لا تبحث عن غذائها مع الاستثناءات المحدودة للنباتات آكلات اللحوم، ولا تأكل فريسة تحتوى على المواد التى تحتاجها لذا فإنها تستمد المغذيات من البيئة الطبيعية، حيث يتم الحصول عليها من التربة عادة بواسطة جذور النبات (أو من الماء مباشرة فى حالة النباتات المائية).

من البديهى أنه لو استمرت النباتات فى استغلال التربة والماء للحصول على المغذيات فإن تلك المواد سوف تُستنزف بالفعل (حيث أنها تتحرر من الصخور ببطء شديد عن طريق عملية تكسير طبيعية أو "تجوية")، وسوف تتعثر الحياة حتى التوقف

(*) تغذى أسلافنا من الرئيسات على الفاكهة والخضروات فى المقام الأول، وأضيفت اللحوم كلما كان ذلك متاحاً. وقد صاغ ذلك البيولوجى تيم روبر الخبير فى أطعمة الفئران والبشر: "لقد توارثنا الافتتان على الثمار لحلاوتها والولع بأكل اللحوم من أجل اللحم الحيوانى والدهون". وقد كُيِّفت تلك الأطعمة المفضلة المطورة طوال معظم فترات تاريخنا حين كان الجوع على الأرجح هو المتوقع بدرجة أكبر من البدانة. والآن كما يوضح روبر فإن المجتمع الغربى مزود بوفرة من الحلويات واللحوم والدهون وكل منها ليس جذاباً لأسباب تطورية مناسبة فحسب بل لأنه يسوق بغزارة. ومع التسليم بالنهم غير المحدود لـ "الأطعمة الفاخرة" فالبشر والفئران كلاهما ينزع نحو الإكثار من الطعام ويغدو بديناً. وفى حين يستطيع كلا النوعين البحث بصورة مرضية عن أطعمة غير معالجة نسبياً فإن خلفيتيهما التطوريتين تضللانها فى بيئة غذائية تبدلت بصورة مفاجئة وبسرعة.

تقريباً. ومن حسن الحظ أن هناك آلية لتعويض المغذيات فى التربة والماء. وتتكون تلك الآلية من مجموعة كائنات حية معروفة بدرجة ما مع أنها ضرورية وتسمّى المحللات. وهي فى الأغلب كائنات منعزلة مثل البكتريا والفطريات وحشرات التربة والديدان. وتدبر المحللات حياتها عن طريق هضم بقايا الكائنات الحية الأخرى وأجسادها الميتة، وتكسّر بجهد بالغ الجزئيات العضوية إلى عناصرها الكيميائية البسيطة وتعيدها إلى التربة (أو الماء) حيث يستطيع النبات تناولها من جديد. إن وصفى المبكرّ للسلاسل الغذائية فى هذا الفصل كان غير كاف، فالمستوى الغذائى للمحلل مرتبط بكل حلقة فى أى منها – تكمل المحللات حلقات المغذيات التى تسمح لآلة الطبيعة بالإبقاء على حركتها.

إن استخراج النبات للمغذيات من التربة ليس عملية بسيطة، وكذلك الأمر فيما يتعلق بعملية التحلل وبناء التربة. فالتربة الخصبة فى حد ذاتها مركبة بصورة مدهشة وهى منظومة بيئية طباقية لا تحتوى على أجزاء صغيرة من الصخور فقط بل تحتوى أيضاً على مادة خاصة داكنة تسمّى الدبال (خليط من مادة عضوية متحللة والكائنات الحية الدقيقة التى تقوم بتحليلها) وما يخص الإقليم من فلورا وفونا. وكمثال: فى ياردة مربعة من مرعى دانماركى أُحْصِىَ ١٠ مليون دودة أسطوانية، ٤٥,٠٠٠ دودة أرض، ٤٨,٠٠٠ حشرة وحلَم – وفى إحصاء لكمية قدرها ٣٠/١ أوقية من تربة مزرعة خصبة ظهر ٣٠,٠٠٠ حيوان أولى، ٥٠,٠٠٠ طحلب، ٤٠,٠٠٠ فطر وأكثر من ٢,٥ بليون بكتريا. والتركيب الكيميائى لمنظومة التربة معقد لأقصى حد ومحكوم بأشياء كثيرة مثل الشحنات الكهربية التى تظهر بصورة طبيعية على الطين وفوق جزئيات الدبال.

للتأكيد على أهمية الكائنات الحية فى التربة أودّ أن أُلفت النظر فحسب إلى أن الأشجار ليست الكائنات الحية السائدة فى كثير من الغابات بل الجذر فطريات (أو الفطريات الجذرية –م) التى تعيش فى التربة. والجذر فطريات هى ترافق ذو منفعة متبادلة بين الجذور وفطريات معينة كما بينت التجارب على نبتات الصنوبر الأبيض. إذ يمكن استنبات بذور الصنوبر الأبيض وتنمية النبتات الصغيرة فى محلول مغذ معقم مدة شهرين فإذا نقلت النبتات بعدئذ إلى تربة جرداء فإنها تموت من سوء التغذية. لكن النبتات التى تُنمى فى تربة الغابة أولاً ثم تنقل بعد ذلك تنمو بقوة. والسبب فى ذلك أن النبتات التى تُنمى فى تربة الغابة خلافاً عن تلك التى تُنمىّ فى محلول معقم تحمل معها الجذر فطريات التى تخترق خلايا جذور النباتات أو تحيط بها وتساعدها فى امتصاص المغذيات (ومقابل ذلك تحصل الفطريات على الطاقة فى صورة كربوهيدرات).

بالإضافة إلى الجذر فطريات فإن تجمع الكائنات الحية فى منظومة التربة حول الجذور مُقيَّد لدرجة كبيرة بوجود النبات الذى يضيف المادة العضوية إليها. ويكون

تركيز كثير من أنواع الكائنات الحية الدقيقة حول جذور القمح الربيعىّ من مرتين إلى عشرين مرة قدر تركيزها فى التربة البعيدة عن الجذور، ويصبح لنوعين من البكتيريا على الأقل كثافة أكثر من ألف مرة. ويُستخدم كثير من هذه الكائنات الحية (علاوة على الجذر فطريات) بصورة مباشرة فى مساعدة النبات نفسه على امتصاص المعادن.

هكذا تفعل التربة ما هو أكثر بكثير من دعم النبات، إنها منظومة رقيقة حاسمة بالنسبة لنموّه ومن ثم بالنسبة لسلامة النظم البيئية بكاملها. وهناك تشكيلة واسعة من الاجتراءات تتضمن التعرية وسوء استخدام المخصبات والمبيدات الحشرية والأمطار الحمضية والحرائق يمكنها أن تغير التركيب الكيميائى للنظام البيئى للتربة وتهلك القسم الأعظم من نباتاتها وحيواناتها وتعّرض للخطر قدرتها على تغذية النبات. ولم يكن الاقتصادىّ الزراعىّ ليستر براون مبالغاً حين قال: "تستطيع الحضارة أن تبقى بعد استنزاف مخزونات النفط ولكنها لا تستطيع الاستمرار بعد الفقدان الذريع لسطح التربة".

رأينا آنفا أمثلة على مبدأ مهم آخر فى الايكولوجيا الفسيولوجية وهو أن الكائنات الحية يمكنها أن تشكل البيئة الطبيعية لكائنات حية أخرى فالنباتات الطويلة تغير كمية ونوع الضوء الذى يغمر النباتات القصيرة، والمحللات تضيف المغذيات المعدنية إلى الماء الممتص بواسطة الجذور فى كل النباتات وهلم جرا. والآن لنتأمل دور البيئة الطبيعية فى تشكيل الكائنات الحية - بصورة محددة كيف يميل التطور إلى إنتاج كائنات حية متشابهة حينما تكون الظروف متشابهة.

ثمة مثال لافت للنظر هو نبات حشيشة اللبن الذى ينمو فى الصحارى الأفريقية وصبّار الأمريكتين. يشبه حشيشة اللبن الصبّار لكنه ينتمى إلى مجموعة مختلفة تماماً من النباتات. وأوجه التشابه بين المجموعتين هى نتيجة لما يعرف بـ "التطور المتلاقى" - وهو الظهور المستقل لخصائص متشابهة فى كائنات حية غير متقاربة تعيش فى مواطن متشابهة. والتلاقى هنا يشمل كُلاً من السمات الخارجية والخاصية الفسيولوجية الأساسية المميزة، حيث تشترك المجموعتان من النباتات فى الأيض الحافظ للماء الذى سبق شرحه.

توجد أمثلة أخرى على التلاقى بين الثدييات الأفريقية وثدييات أمريكا الجنوبية. فخنزير الماء حيوان قارض شبه مائى اجتماعى النزعة بأمريكا الجنوبية، يصل وزنه إلى أكثر من ١٥٠ رطلاً وهو يشبه فى الشكل فرس النهر القزم الأفريقى مع أن وزن الأخير قدر وزن الأول مرتين أو ثلاث مرات وينتمى إلى مجموعة تطورية مختلفة تماماً. وهناك قارض آخر ضخم أمريكى جنوبى هو الباكا يتراوح وزنه من ١٢ إلى ٢٠ رطلاً يتشابه بشدة فى الشكل والوزن مع شيفروتين الماء الأفريقى قريب الصلة بالدب.

والباكا والشيفروتين كلاهما حيوان ليلي يعيش فى عمق الغابة قرب الماء، ويشتركان فى نظام تمويه يصبح كلاهما فيه مرقطاً مثل بيئة الغابة المرقطة بفعل ضوء الشمس والظلال.

التشابه الملحوظ بين البنجول آكل النمل والنمل الأبيض الذى يعيش فى أفريقيا وجنوب شرقى آسيا والمدرَّع العملاق الذى يستوطن أمريكا الجنوبية يثبت فى النهاية أنهما نتيجة للتطور المتلاقى. ولأن آكل النمل عديم الأسنان ومزود بدروع مثل المدرَّع فقد صُنِّف معه لفترة طويلة، لكن الدراسات التفصيلية أثبتت أن آكل النمل حيوان من مجموعة مختلفة تماماً. هذا إذن مثال كلاسيكى على تلاقى التطور الذى يعزى إلى أسلوب حياة مشترك قائم على الحفْر ودخول الجحور بحثاً عن الحشرات.

المثال الذى كثيراً ما يُستشهد به على تلاقى التطّور فى بيئة مشتركة استجابة للظروف الطبيعية هو الشكل المتشابه للحيتان والأسماك (وفى عصر الديناصورات منذ ٢٠٠ مليون سنة تقريباً كانت هناك زواحف مائية تسمى إكثيوسورس تشبه بصورة مذهلة الدلافين الحديثة). وتعليل هذا التلاقى الخاص أن عدداً محدوداً من الأشكال يتيسر له الحركة الفعالة فى الماء. ولذا يظهر تعبير شكل السمكة بارزاً ولعدة مرات فى سياق الحديث عن التطور. وهنا كما فى الحالات الأخرى التى ذكرت عن التلاقى يستجيب الشكل الخارجى للكائنات الحية ووظائف أعضائها على السواء من الناحية التطورية للسمات المميزة لبيئاتها الطبيعية.

يمكن أن يمتد التطور كذلك إلى مجتمعات بكاملها. فحيثما تتشابه درجات الحرارة ودرجات الرطوبة وأنواع التربة تميل نباتات منطقة ما وحيواناتها إلى مشابهة كل منهما للآخر – إن المظهر و(أو) السلوك المتشابه يتطور فى مجموعات مختلفة تصنيفاً تعيش فى نفس المواطن الطبيعية. وقد أمضى هال مونى جانباً كبيراً من حياته العلمية فى عمل أبحاث دقيقة عن أوجه التشابه والاختلاف فى نمو النبات داخل نظم بيئية ذات مناخ متوسطىّ – وهى المناطق ذات المناخات الهادئة ناحية الساحل الغربى التى تتميز بشتاء ممطر وصيف جاف وقام مارتن كودى بجامعة كاليفورنيا بعمل بديع فى لوس أنجليس على بيئة مجتمعات الطيور فى نفس النظم البيئية – وخاصة مقارنة نظام شبّرال كاليفورنيا مع نظام ماتورّال شيلى.

والنمو النباتى فى هذين النظامين وكذلك فى ماكشيا الإيطالية وماكى الفرنسية وفينبوس الأفريقية متشابه فى المظهر الخارجى بصورة لافتة، وهو يتكون من مجموعات كثيفة من الأشجار النامية دائمة الخضرة ومن شجيرات ذات أوراق دائمة صغيرة نسبية عادة (زود النمو النباتى فى جنوب فرنسا مقاتلى المقاومة خلال الحرب

العالمية الثانية بمخبأ ومن ثم أطلق عليهم اسم المنطقة "الماكى"). تخضع هذه المجتمعات النباتية التابعة لنمط المناخ المتوسطى لحرائق متكررة وتبدو الحرائق فى الواقع مهمة فى المحافظة على السمات المميزة للنظام: إذ تطورت النباتات فيها وسط بيئة خاضعة لحرائق دورية. فالنباتات المتكيفة مع تلك البيئات لها القدرة، فى أغلب الأحوال، على أن تنبت من الجذلات (ما يبقى فى التربة بعد حرق السوق –م)، كما أن بذورها لا تنبت ما لم تتعرض لحرارة شديدة أو للفحم النباتى. والناس الذين يبنون منازل فى مناطق الدغل عليهم أن يتذكروا ذلك – فهى لن تكون دغلوية ما لم تقس بالنار.

تبدى النظم البيئية المتوسطية أوجه تشابه كثيرة فى مجتمعات طيورها، فكل منها لديه أنواع لها نفس الأحجام والأشكال والسلوك. ومثل الصبّار ونبات حشيشة اللبن الصحراوى تمثل بعض الطيور حالات حقيقية من تلاقى التطّور، رغم أن التلاقى من الصعب أن يُحدد فى الطيور غالباً لأن قيود الطيران تسمح بمجموعة محدودة من الأشكال فقط فى كل حالة.

قطعت الايكولوجيا الفسيولوجية شوطاً كبيراً فى كشف الآليات التى تتكيف بها أفراد الكائنات الحية مع الظروف الطبيعية لبيئاتها والتى تحصل منها على مواردها. وبعض المتخصصين فيها، الذين يركزون على الاستراتيجيات المختلفة التى تطورت لحل مشاكل مماثلة، ينقلون مجال اهتمامهم من كيف تفعل الكائنات الحية ذلك إلى لماذا تفعله بأسلوب معين – إنهم ينتقلون من تعليل الآلية إلى تعليل الاستراتيجية. لماذا تزهر بعض أنواع النباتات وتنتج بذوراً وتموت فى فصل واحد للنمو بينما تزهر وتموت أنواع أخرى فى نفس البيئة بعد عامين من النمو؟ لماذا يتخلى معظم الأسماك العذارى فى الحاجز المرجانى الكبير عن بيضه وصغاره متجهاً نحو تقلبات التيارات المحيطة، بينما الأسماك المتزاوجة من النوع نفسه ترعى وتحمى ذريتها؟ هل هناك قواعد عامة لتحديد كيف يقسم فرد من النباتات أو الحيوانات موارده فيما بين النمو والحفاظ على البقاء والتناسل؟ ومتى تكون استراتيجية أن ينمو الفيل إلى حجم كبير وأن يعيش طويلاً وأن يتناسل ببطء أفضل للتكيف، ومتى تكون الاستراتيجية الأفضل للتكيف بالنسبة للفأر هى أن ينمو إلى حجم صغير وأن يكون قصير العمر وأن يتكاثر بسرعة؟

إن التعليل الاستراتيجى أفضى إلى حل شامل لأحد المشاكل المحيرة لدرجة كبيرة فى الايكولوجيا الفسيولوجية: لماذا تصبح بعض الكائنات الحية قادرة على تطوير حلول لمشاكل معينة فى حين تعجز عن ذلك أنواع قريبة الصلة بها. وكمثال يمتلك كثير من أنواع الفراشات القدرة على أن يخرج سالماً من أوضاع غير ملائمة (الشتاء، فصل

جاف) بواسطة حالة سكون مبرمجة وراثياً تسمى السكون المؤقت. وتدخل أنواع مختلفة السكون المؤقت كأطوار بالغة أو كبيْض أو كيرقات أو كعذارى. لكن بعض الأنواع قريبة الصلة تفشل فى دخول السكون المؤقت فى أى طور من أطوار الحياة. وكمثال يغزو قليل من الأنواع أمريكا الشمالية معتدلة المناخ قادماً من الجنوب بأعداد هائلة فى كل صيف ولكنه يقتل وهو عائد كل خريف بفعل الطقس البارد.

ذلك الموت الجماعى للغزاة كان ينبغى أن يؤسس ضغطاً قوياً لتطوير آلية سكون مؤقت. أما لماذا لم يتطور سكون مؤقت فى تلك الأنواع فهذا لغز يتحدى الايكولوجيين كما سيكون واضحاً عندما تصبح مطلعاً بدرجة كافية على كيفية تغيير العشائر لتركيبها الوراثى عبر الزمن. وأستطيع أن أجيب عن التساؤل بـ كيف مستعيناً بعلم البيئة دون الرجوع إلى نظرية التطور، غير أنه للإجابة على سؤال لماذا يجب الانتقال إلى دوائر نفوذ توماس مالتوس وتشارلز داروين.

## الفصل الثاني

# دوائر نفوذ مالتوس وداروين

## إيكولوجيا العشائر والتطور

على حافة الحرم الضخم لجامعة ستانفورد وفوق سفوح تلال سلسلة الجبال الساحلية الخارجية في كاليفورنيا يوجد معجّل طولي على امتداد ميلين. وهذه الأداة القيّمة في أبحاث فيزياء الطاقة العالية تساعد الناس في فهم بناء الكون. وعند الاتجاه غرباً ناحية الجبال المنخفضة وعلى طريق ساند هلْ يستطيع المرء رؤية المعجل على يساره، وتتأكد صورة جميلة أخرى من منشئات جامعة ستانفورد المهمة من أجل البحث وهي حكْر جاسبر ريدج للبيولوجيا.

إن جامعة ستانفورد هي الجامعة العالمية الوحيدة التي توفر قطعة أرض على يمين حرمها (١٢٠٠ فدان تقريباً) في منطقة هادئة نسبياً من أجل الأبحاث البيولوجية. وقد انكبت على العمل هناك أجيال من الطلاب وهيئات تدريس الكليات، وإن كانت اكتشافات الفيزيائيين لم تضع للحضارة حداً فإن إيكولوجيي المستقبل ينبغي أن يعكفوا على العمل هناك فترة أطول بعدما حول أحد الزلازل المعجل الطولي الممتد على ميلين إلى معجلات ممتدة على أربعة أميال ونصف.

كانت زيارتي الأولى لحكر جاسبر ريدج في خريف عام ١٩٥٩ بعد فترة قصيرة من التحاقي بهيئة تدريس جامعة ستانفورد كأستاذ مساعد. كنت أرغب في بدء بحث يستغرق فترة طويلة بعض الشيء عن ايكولوجيا وتطور عشائر الفراشات، لأني اعتقدت أن الفراشات مزودة بنظام نموذجي لفهم آلة الطبيعة. وقد اخترت الفراشات كذلك لأني أبديت اهتماماً مبكراً بتلك الكائنات الجميلة، ولأنها أثبتت في النهاية وبمحض الصدفة امتلاكها لخصائص مميزة تجعل منها وسائل ممتازة في الأبحاث العلمية.

يقوم كل العلماء بمثل ذلك الاختيار لأنه يتحتم عليهم أخذ عينات من الطبيعة، ولأنهم لا يستطيعون بحث كل الأشياء في آن واحد. إنهم يدرسون الحالات الخاصة لتحقيق غايات عامة. ويُختار نظام معين للأبحاث لأن له سمات تجعله مسئولاً عن الإجابة على مختلف التساؤلات العامة المطروحة. فمثلاً تركز الكثير من جهود الوراثيين في حلّهم التاريخي لألغاز الوراثة حول ذبابة الفاكهة (دروسوفيلا) وبكتيريا الأمعاء (ايشيريشيا كولاي). وتعتبر هذه الكائنات عند معظم الناس من الوجهة الجمالية أقل بكثير من الفراشات والطيور والنمور أو الحيتان مثلاً. لكن سهولة قابلية خضوع الذباب والبكتيريا للمعالجة في المعمل والسرعة التي يتكاثران بها جعلتهما نموذجيين في

تحقيق "كيف ينتج النظيرُ النظيرَ). والآليات الوراثية التى تنتج بها النمور نموراً والحيتان القاتلة حيتاناً قاتلة تثبت فى نهاية الأمر أنها شبيهة للغاية بالآليات التى يُنتج بها ذباب الفاكهة ذريته. والآليات التى ينتج بها البشر أطفالاً آدميين متشابهة حقاً من نواحٍ مهمة للغاية مع تلك النواحى فى حيوانات أخرى وحتى مع البكتيريا (ولو أن المشابهة تكون فى العمليات الأساسية فى حالة البكتيريا). إن الخاص يلقى الضوء على العام.

الفراشات مقارنة بالبقر الوحشىّ أو الطيور مثلاً لها العديد من ميزات ذباب الفاكهة – فمن السهل نسبياً أن تجمع وتخضع للمعالجة فى المعمل بأعداد كبيرة. وخلاف معظم الحشرات (ومثل معظم الأبقار الوحشية والطيور) من السهل التعرف عليها وملاحظتها فى حقل التجربة. الفراشات حيوانات قصيرة العمر جداً ومن المفترض أنها ذات قدرة ضئيلة نسبياً على التفكير أو الإحساس. وإن كان لأفراد أن تقيّد حركتها أو تُقتل فى سياق البحث فالفراشات بالنسبة لى تطرح مشكلة أخلاقية بدرجة أقل من الطيور أو الثدييات مثلاً. وقبل كل هذا فجمال الفراشات مثله مثل جمال الطيور يجذب انتباه أعداد كبيرة من هواة التاريخ الطبيعى. ونتيجة لذلك أسهم الهواة الأذكياء بقدر كبير فيما هو معروف عن تقسيم الفراشات (كيفية تمييز الأنواع المختلفة عن بعضها البعض) وانتشارها وعاداتها.

فى خريف عام ١٩٥٩ أخبرنى جامع فراشات من سكان المنطقة أن عشيرة من فراشات الخليج الشطرنجية (فراشات باى الشطرنجية) وهى تنتمى إلى تحت نوع فراشات ايديث الشطرنجية (ايوفيدرياس ايديثا) عاشت فوق جاسبر ريدج. وذهب معى إلى الحكر وأطلعنى على المكان الذى يطير فيه جيل جديد من الفراشات الشطرنجية كل ربيع، ويستطيع المرء أن يشاهد من أجزاء فى ذلك المكان خليج سان فرانسيسكو الذى ينسب إليه تسمية تحت نوع ايوفيدرياس ايديثا باينسيز. وكانت فترة الطيران خلال شهرى مارس وإبريل قرب نهاية فصل المطر فى كاليفورنيا، وعليه وضعت حينئذ خططاً لتنفيذ تجربة الوسْم وإطلاق السراح وإعادة الاقتناص لتحديد حجم عشائر الفراشات فى عام ١٩٦٠ ولاكتشاف المدى الذى تتنقل فيه أفراد العشيرة. وكنت أدرك بالكاد أنى أباشر عملاً يتعلق بمشروع بحث فى ايكولوجيا العشائر والتطور، وهو عمل قضيت فيه أكثر من ربع قرن واستخدم فيه مئات البشر.

إن دراسة عشائر الكائنات الحية فى غير البشر كانت فى تلك الأيام فرعاً معرفياً مجزءاً وبدرجة من السوء تجعله فى حاجة لإعادة توحيد. فبعض الايكولوجيين كان مهتماً بديناميات (تغير الحجم) العشائر، والبعض الآخر كان معنياً بكيفية تغير الصفات الوراثية للعشائر على مر الزمن – بمعنى كيف تتطور العشائر. ولسوء الحظ أنجزت هاتان المجموعتان أبحاثهما كلاً على حدة ، ومع قليل من الاتصالات فيما بينهما فى أغلب الأحيان.

كيفية وسبب تغير حجم العشائر ليسا ذا أهمية نظرية فحسب بل إن فهم ديناميات العشائر ذو أهمية عملية كبيرة، فالبشر مهتمون بتقليص أحجام الكائنات الحية التى يعتبرونها أعداء بدءاً من الحشرات التى تهاجم المحاصيل إلى الطفيليات التى تسبب الأمراض. وهم مهتمون أيضاً بزيادة حجم عشائر الكائنات التى تعد مرغوبة مثل حيوانات اللحوم ونباتات المحاصيل والأسماك القابلة للاستغلال والأنواع غير المعرّضة للخطر..الخ.

إن فهم التغير الوراثى هو أيضاً أكثر من تمرين ذهنى. فتطور المقاومة للمبيدات الحشرية عند حشرات المحاصيل والحيوانات الناقلة للأمراض، وتطور المقاومة للمضادات الحيوية عند الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض هما مشكلتان رئيسيتان تواجهان الإنسان. (وفى اللحظة هذه ينهمك نوعا المقاومة فى انبعاث المرض الخطير للغاية الذى يصيب الإنسان وهو مرض الملاريا). وغنى عن القول أن كيفية تغير عشائر الإنسان فى الحجم والصفات الوراثية معاً ليست ذات أهمية قليلة الشأن هى أيضاً.

لكن منذ ربع قرن كان واضحاً أن الديناميات والأسس الوراثية للعشائر ليستا منفصلتين كلًا عن الأخرى. فالتغير فى حجم العشيرة يؤثر فى طريقة التطور التى تتخذها والتغيرات الوراثية داخل العشيرة تؤثر فى حجمها. وكمثال: العشيرة التى تصل إلى حجم أصغر يصبح مرجحاً بدرجة أكبر أن تغيّر الأحداث العشوائية تركيبها الوراثى. وذلك بدوره يزيد احتمال أن تصبح منقرضة بسبب جعلها قادرة على التكيف بدرجة أقل بكثير مع التغيرات البيئية. ومن ناحية أخرى فإن تطور المقاومة للبنسلين عند نوع ما من البكتيريا المسببة للمرض يمكن أن يكون بداية انفجار فى حجم عشيرة هذا النوع يتسبب فى موت عائله من البشر.

كان الفصل الذى يؤسف له بين دراسات ديناميات العشيرة والأسس الوراثية للعشيرة هو العامل الأول الذى قادنى إلى بدء الدراسات طويلة الأجل لكل من ايكولوجيا وتطور الفراشات الشطرنجية. وأردت أن أتبين ما إذا كان بالإمكان أن يتعاون نوعا الدراسات لتقديم صورة مترابطة منطقياً عن كيفية سلوك العشائر فى الطبيعة. وكنت أعرف أنه بقدر ما كانت المهمة صعبة فإنى أقوم بمحاولة مضحكة ورجوت أن تصبح الفراشات الشطرنجية بمثابة ذباب الفاكهة بالنسبة لعلم بيولوجيا العشائر – وهى حالة خاصة قد تكشف المبادئ العامة التى تحكم الطريقة التى تؤدى بها الطبيعة وظيفتها وتساعد بدورها البشرية فى حل المشاكل العملية الكثيرة التى تواجهها فى التعامل مع عشائر من أنواع أخرى. وهكذا فإننا سوف نستكشف مبادئ وقضايا علم بيئة العشائر بالنظر أولاً فى ديناميات العشائر مستخدمين الفراشات الشطرنجية بوصفها أمثلتنا الرئيسية. وفيما بعد ينتقل اهتمامنا فى هذا الفصل من كيفية وسبب تغير حجم العشائر إلى ما يعرف جميع الايكولوجيين أنه وثيق الصلة بتلك القضية وهو كيفية تطور العشائر.

فى أوائل ربيع عام ١٩٦٠ بدأت الرحيل إلى حكر جاسبر ريدج مزوداً بشبكة لصيد الفراشات وسجلات للمعلومات وأدوات ترقيم لبّادية مستدقة الأطراف لا تمّحى علاماتها بسهولة وبمساعدة ممتازة، خريجة وباحثة شابة، هى سوزان ديفيدسون. وأُخبرت أن الفراشات اكتشفت فى منطقة تربة السربنتين. وهو نوع من التربة ذو محتوى معدنى غير عادى وفلورا مميزة تبطن جزءاً ضخماً من الأرض العشبية. ولأساعد نفسى فى الإبقاء على مسار تحركات الفراشات قمت على نحو اعتباطىّ بتقسيم مناطق السربنتين ذات الأرض العشبية فوق التل إلى ثمانى مناطق تبدأ بـ أ وتنتهى بـ ح.

فى أول رحلتين لنا لم نستطع مشاهدة أيًّا من الفراشات الشطرنجية، غير أنه فى العاشرة قبل الظهر من يوم ٣١ مارس وهو يوم كما بين لى سجل معلوماتى "مُشمس نسبياً وهادئ" فزت بأولى فراشاتى من فراشات الخليج الشطرنجية وهو ذكر من المنطقة ز، وكان كائناً جميلاً جديراً باسمه ذا شكل مرقش ببقع سوداء وصفراء وحمراء وله البريق المميز للفراشات الخارجة توّاً من الشرانق. لكن جماله كان مجبراً على أن يُلطخ باسم العلم. وقد حُفظ فى ظرف بصفة مؤقتة وبعدئذ وضعت علامة من أداة الترقيم على الجانب السفلى لجناحه الأمامى الأيسر تسميه "الرقم ١" وأطلق سراحه. كانت الفراشة التالية أنثى من المنطقة هـ ووضعت عليها علامة فى موضع مشابه لكن على الحافة الخارجية بعيداً عن الطرف المستدقّ – وقد خصص المكان لتمثل الفراشة الرقم ٢، ومضت دراستنا قدماً.

كلما كان يسمح جدول أعمالى كنا نذهب أنا وسوزان إلى قمة التل، نصطاد الشطرنجيات ونضعها بعناية واحدة بعد أخرى داخل مظاريف. وحين نفرغ من الصيد فى أية منطقة كنا نخرج الفراشات الحبيسة ونسِمها برقم كودى فوق أجنحتها ونسجل المنطقة التى تم اصطيادها منها وجنسها والظروف الخاصة بكل فرد ثم نطلق كلا منها فى نفس منطقته. وقد بقيت كل السجلات الأصلية للبيانات فى ملف داخل مكتبى (نادراً ما ينشر العلماء البيانات) وعند إلقاء نظرة عامة عليها وجدت أننا خلال ثمانية عشر يوماً تعاملنا مع ٢٠٦ أفراد من الشطرنجيات.

بالطبع اكتشفنا عاجلاً أن بعض الفراشات التى أسرناها كان اصطيادها مكرراً – فهى تحمل أرقامنا الكودية التى وضعناها فوق أجنحتها من قبل. وكان كل ما يتعلق بتلك الفراشات مسجلاً بحكم الواجب وزودتنا البيانات بالمبدأ الأساسى لتحديد نوعين مهمين من المعلومات: الأول هو الحجم التقريبى للعشيرة – وهذا هو السبب الكلاسيكى لإجراء تجربة الترقيم والإطلاق وإعادة الاصطياد. والثانى هو ما كان سيزودنا بفهم تركيب العشيرة – أى أسلوب تحركات أفراد الفراشات.

المبدأ الذى يحدد النوع الأول من المعلومات وهو حجم العشيرة المستمد من بيانات الترقيم والإطلاق وإعادة الاصطياد بسيط جداً كما يوضح المثال التالى: نفترض أنك، فى اليوم الأول، علّمت وأطلقت ١٠ فراشات، وفى اليوم التالى اصطدت ٢٠ فراشة واكتشفت أن اثنتين منها (١٠ ٠/٠) تحمل علامات فيعطى هذا تقديراً هو أن ١٠ ٠/٠ من الفراشات الموجودة فى هذا اليوم قد رقمت. وحيث إن عشر فراشات رقمت فى اليوم الأول فإن ١٠٠ فراشة تقريباً لابد أن تكون موجودة فى المكان. ومن ناحية أخرى لو أن فراشة مرقمة واحدة فقط وجدت فى عينة اليوم التالى وعددها ٢٠ فراشة (٥ ٠/٠) فإن حجم عشيرة اليوم الأول يمكن تقديره بحوالى ٢٠٠ فراشة. وأخيراً لو أن خمس فراشات مرقمة وجدت فى عينة اليوم التالى والتى عددها ٢٠ فراشة حينئذ تقدر العشيرة الموجودة فى اليوم الأول بحوالى ٤٠ فراشة (طالما أن عشر فراشات تمثل ٢٥ ٠/٠ بالنسبة لأربعين فراشة).

الفكرة الأساسية هى أن نكتشف ما هو عدد الفراشات المعروفة الموسومة والمطلقة السراح، التى تنتشر فى العشيرة ككل. لكن من سوء الحظ أن الأمور ليست فى الواقع بتلك البساطة. فكل ما نستطيع الحصول عليه هو تقدير تقريبي لحجم العشيرة باستعمال تقنية الترقيم والإطلاق وإعادة الاصطياد نظراً لأن عدداً من الافتراضات يدخل فى تقديرات حجم العشيرة الذى قمت به مستخدماً تلك الحسابات البسيطة. وكمثال هناك افتراضان مُهمَّان أولهما أن الفراشات الجديدة لم تخرج من الشرانق وتلتحق بالعشيرة بين اليوم الأول والثانى، وثانيهما أن الفراشات لا تموت فيما بين العينتين. إننا ندرك أن هذه الافتراضات غير صحيحة عادة ولابد أن توجد وسائل لتعويض الإمداد والنقص. ومع بساطة الفكرة الأساسية فإن تحليل بيانات الترقيم والإطلاق وإعادة الاصطياد يمكن أن يكون معقداً إلى أقصى درجة فى الممارسة. ونتيجة لذلك تصبح التقديرات تقريبية فى أغلب الأحوال. وينصب اهتمامنا بالفعل على التغيرات الكبيرة – فقط – فى حجم العشيرة المقدر طالما أن التجربة ليست دقيقة بدرجة كافية لاكتشاف التغيرات الصغيرة بالضبط.

النوع الثانى المهم من المعلومات نتج عن دراستنا القائمة على الترقيم والإطلاق وإعادة الاقتناص كان صغر المساحة التى تحوم فيها الفراشات. وقد اكتشفنا بسرعة وجود ثلاث عشائر منفصلة فوق جاسبر ريدج. إحداها كانت تقيم فى المناطق من أ إلى د (ومن ثم جمعناها معاً وسميناها العشيرة ج) والعشيرة الثانية كانت تقيم فى المنطقة ز(العشيرة ز) أما العشيرة الثالثة فكانت تقيم فى المنطقة ح (العشيرة ح). ولم تكن الفراشات تقوم بمغامرة الانتقال من منطقة إلى أخرى حتى لو كانت أرض العشب السربنتينية "الجزيرة" التى تعيش فيها متصلة بالفعل. وبينما يستطيع المرء السير من منطقة إلى أخرى دون أن يقابل حتى حاجزاً من الشجيرات القصيرة فإن الفراشات

لم تجرب قوتها الجلية في الطيران بل ظلت مقيدة بـ "حواجز فعلية ضد التشتت" – راغبة في أن تمكث حيث خرجت من شرانقها. وكثيراً ما تبدى الطيور الصغيرة سلوكاً متشابهاً. فهي لا تعبر المناطق الصغيرة لموطن غير مناسب مثل نهر يخترق غابة مطيرة حتى لو كانت قادرة على فعل ذلك.

لحد ما ونتيجة لدراستنا على الفراشات الشطرنجية نعرف الآن أن فهم تركيب العشائر حاسم إذا ما رغبنا في التأثير على دينامياتها (تغيرها في الحجم). وكمثال: أفضل استراتيجية لمقاومة آفة حشرية توجد في عشائر كثيرة صغيرة منعزلة ستكون مختلفة تماماً عن الاستراتيجية الخاصة بآفة توجد في عشيرة واحدة (أو عشائر قليلة) ضخمة واسعة الانتشار. ويصح نفس الشيء بالنسبة لأفضل استراتيجية للحصول على إنتاجية داعمة للغذاء من صيد السمك أو للمحافظة على أنواع من الحيتان المعرّضة للخطر.

هاجرت الفراشات فيما بين العشائر ولذا نادراً ما استطاعت حركتها تغيير حجم أي عشيرة تغييراً ذا معنى. وبناء عليه فإننا نستطيع الرجوع إلى العشائر الثلاث وكأنها "وحدات ديموجرافية" للإشارة إلى أن لها ديناميات مستقلة تماماً رغم أن كمية الحركة التي تحدث بين الوحدات قد توحدها وراثياً. إن إدراكنا لوجود ثلاث وحدات فوق جاسبر ريدج أتاح لنا أن نحسب مقدار حجم كل عشيرة على حدة كل عام في مناطق ج، ز، ح. ولشد ما كانت دهشتي عندما أظهرت أحجام العشائر في كل وحدة ديموجرافية نوعاً مختلفاً من التغير. فخلال السنوات القلائل الأولى دخلت الوحدة الموجودة في المنطقة ح انفجاراً سكانياً زاد حجمها إلى خمسة وعشرين ضعفاً. وفي المقابل تقلبت المنطقة ج في الحجم بينما وقعت عشيرة الوحدة ز بين الوحدة ج والوحدة ح منحدرة نحو الانقراض.

عرفنا ماذا حدث لكننا لم ندرك لماذا حدث. إن اكتشاف أسباب اختلاف النماذج الدينامية أثبت أنه تحدٍّ جدير بالاعتبار.

أدركت أن هذه التغيرات في حجم عشائر فراشات الخليج الشطرنجية مثلها مثل تغيرات عشائر أية كائنات حية أخرى يمكن أن تفسر بمصطلحات المدخلات والمخرجات. المدخلات تقاس بمعدلات الولادة (أو اصطلاحياً بدرجة أدق بنسبة المواليد إلى عدد السكان طالما لا يفكر المرء عادة في البكتيريا والنباتات واليرقات بوصفها "مولودة") والتهجير. والمخرجات تقاس بمعدل الوفيات والهجرة. ولفهم تفاصيل ديناميات العشيرة يرتب الايكولوجيون غالباً نماذج حسابية مركبة – ولكن العمليات الأساسية هي ببساطة تلك المدخلات والمخرجات الأربعة.

لوجود حركة قليلة جداً بين المناطق الثلاث ج، ز، ح فوق جاسبر ريدج تجاهلنا بارتياح التهجير والهجرة فى دراسة ديناميانها - بالضبط كما يمكن تجاهلها فى تحليل العشيرة البشرية للكرة الأرضية التى لا يدخلها الناس ولا يخرجون منها. لذا احتاج المرء إلى أن يأخذ فى اعتباره فقط نسبة المواليد ومعدل الوفيات أثناء دراسة ديناميات تلك العشائر. فإذا كانت نسبة المواليد أكبر من معدل الوفيات تنمو العشيرة، وإن كان معدل الوفيات أكبر من نسبة المواليد فإن العشيرة تنكمش أما لو كانا متساويين فإن العشيرة تبقى بنفس حجمها.

لمّا كانت هناك اتجاهات مختلفة فى وحدات جاسبر ريدج الديموجرافية الثلاث فقد منحنا ذلك فى حد ذاته بعض المعلومات عن العوامل المسئولة عن تغيرات حجم العشيرة. وكمثال فهى تشير مباشرة إلى أن تغيرات مناخ وسط كاليفورنيا لم تكن تتسبب بصورة مباشرة فى تغيرات نسبة المواليد أو معدل الوفيات - لأن الوحدات الديموجرافية الثلاث كانت معرضة بجلاء لنفس الأحوال العامة للطقس. ولذلك أدركنا أننا مجبرون على البحث فى مكان آخر عن أسباب التغيرات الملحوظة - ربما، مثلاً، فى الوسائل التى كان يمكن أن تؤثر بها نفس أنواع الطقس على الفراشات فى المناطق ج، ز، ح. لكن قبل النظر فى إجابة هذا السؤال دعونى أزودكم بخلفية أكبر عن ديناميات العشيرة فى كل من شطرنجيات جاسبر ريدج والحيوانات بصورة عامة.

الملاحظة الأولى هى أن استقلال تغيرات الحجم فى المناطق ج، ز، ح يؤكد أن الوحدات الديموجرافية كانت منعزلة بالفعل كل عن الأخرى حيث مضت العشيرة ز إلى الانقراض ودخلت العشيرة الملاصقة ح فى انفجار سكانى. ويلفت ذلك انتباهنا أولاً إلى الأهمية الكبيرة لفهم تركيب العشائر إن كان المرء مهموماً بتحديد ما يتحكم فى حجم العشيرة. إن تماثل الوحدات الديموجرافية الثلاث فوق جاسبر ريدج كان حاسماً. فلو أن الجزيرة ذات الأرض العشبية عوملت كوحدة واحدة فى تحليلات الترقيم والإطلاق وإعادة الاقتناص وليست بوصفها مقسمة إلى أجزاء خاصة إن الأعوام القلائل الأولى من الستينيات كانت قد أظهرت أن حجم العشيرة ثابت نسبياً فوق جاسبر ريدج ككل، لو حدث ذلك فإن واقعة الانقراض كان يمكن أن تمر دون أن تُلاحظ وكان فهمنا للديناميات يمكن أن يتصدع وبوسيلة ذات شأن.

من الواضح الآن أن الحاجة إلى التحقق من هوّية الوحدات الديموجرافية ليست قاصرة على دراسات خفية على الفراشات. وكمثال فهى يمكن أن تدرك من تاريخ صيد سمك "الأنشوجة" البيروفى الذى شكل أكثر من ١٧ ٠/٠ من المحصول العالمى من الأسماك البحرية عام ١٩٧٠ غير أن إنتاج "الأنشوجة" انحدر بصورة مفاجئة فى أوائل السبعينيات ولم يسترد مكانته بعد ذلك بالفعل. إن جانباً من أسباب انحداره (أو فشله فى استعادة مكانته) يتبدى فى أن استراتيجيات الصيد كانت موضوعة فى غياب

معرفة عدد وحجم وحدات الأنشوجة الديموجرافية. وبالمثل فالجهل بتركيب عشائر الحيتان يعوق تنمية منظومات استغلال الحيتان الداعمة للغذاء (ولو أننى أفضل، منطلقاً من منظور أخلاقى، عدم استغلال تلك الكائنات الاستثنائية الذكية).

النتيجة الأخرى للتعامل غير الصحيح مع عشائر الشطرنجيات الثلاث على أنها عشيرة واحدة كانت ستصبح نقص المعلومات وثيقة الصلة بقضية نظرية مهمة فى الايكولوجيا. إن معرفة كيف تنقرض العشائر فى السياق العادى للأحداث مهمة للغاية فى حسم نقاش واسع يحتدم منذ سنوات فى مجال ديناميات العشيرة. ويدور ذلك النقاش حول ما إذا كان حجم العشيرة فى معظم أنواع الكائنات الحية منظماً وفق أسلوب الكثافة العددية – المورد التابع أو أسلوب الكثافة العددية – المورد المستقل.

لو كان نظام العشيرة قائماً على أسلوب الكثافة العددية – المورد التابع يغدو من المتوقع أن يتأثر حجمها بقوة فى أى جيل بحجم الجيل السابق. ولنفترض أن عشيرة شطرنجيات أصبحت ضخمة للغاية بصورة تدريجية. ففى كل فصل تأكل يرقات الفراشات من المورد المحدود للغذاء النباتى أكثر فأكثر. وفى سنة ما يصبح المورد مستنفداً ويموت الكثير من الفراشات جوعاً فينحدر حجم العشيرة. بعدئذ يعاود الغذاء النباتى النمو مما يجعله وافراً بالنسبة لاحتياجات العشيرة من اليرقات المتناقصة. ويعزز هذا بشدة بقاء الأجيال التالية منها وتتزايد على الفور ومن جديد عشيرة الفراشات. إن الفكرة الأساسية فى نظام الكثافة العددية – المورد التابع هى أن غزارة عدد أفراد جيل من كائن حىّ بالنسبة لمصادره الغذائية تحدد نسبة مواليده ومعدل وفياته ومن ثم ما إذا كان حجم عشيرته يزداد أو ينقص فى الجيل التالى.

وعليه فإن مفتاح نظام الكثافة العددية – المورد التابع. هو حجم العشيرة بالنسبة لقدرة حمل البيئة. وقدرة الحمل هى العدد الأقصى من الأفراد الذى يمكن أن يُعال من جانب موطن ما، وهى مرتبطة عادة بتيسّر مورد غذائى حدّى يكون غير كافٍ كزاد فى علاقته باحتياجات العشيرة. أحياناً يفرض حظر مطلق على حجم العشيرة عن طريق مصدر للغذاء غير قابل للتجدد مثل المساحة المتاحة. وكمثال: تُعالُ أعداد كبيرة جداً من البَرنَقيلات (حيوانات بحرية قشرية تعلق بالصخور –م) دون سواها بوجودها فوق صخرة خاضعة للمد والجذر. الحفر والجحور (بالنسبة للحيوانات التى لا تستطيع أن تحفر بنفسها) هى أيضاً نوع مقيّد من الأمكنة. البُليْنات ذات حجم الأصابع والأسنان الطويلة الحادة المعقوفة (أسماك تعيش فى الشعب المرجانية تنتمى لجنس بلاجيوتيرمس) تعيش فى حفر على الحاجز المرجانى الأسترالى الكبير وتندفع بسرعة من ملجئها إلى شقوق طولية ضيقة مبتعدة عن الأسماك الأكبر حجماً بكثير – ويتقيّد عدد البُليْنات فى مساحة ما بالمتاح من الحفر ذات الحجم الملائم. لكن كثيراً ما يصبح مورد غذائى محدود مورداً متجدداً مثل افتراس عشيرة فئران بواسطة عشيرة من

البوم وعشيرة من النباتات المغذية لليرقات بواسطة وحدة الشطرنجيات الديموجرافية أو عشيرة طرائد بواسطة مجموعة من كلاب الصيد. قدرة الحمل، إذن، مقيدة بحدّ أقصى محتمل لمعدل الاستغلال. ولو زاد ذلك المعدل فإن المورد يغدو مُستَغَلاً بصورة مفرطة (فالفئران أو النباتات المغذية لليرقات أو الطرائد تُستغل بصورة أكبر من إمكانية استعادتها) وينحدر مورد العشيرة ويتبع ذلك آجلاً أو عاجلاً انحدار حجمها.

من جهة أخرى، فى نظام الكثافة العددية – المورد المستقل لا يلعب وجود الموارد دوراً مهماً فى تغيير حجم العشيرة، ويظل حجمها تحت قدرة الحمل بفعل عوامل لا يختلف تأثيرها على العشيرة سواء أكانت كبيرة أم صغيرة.

نفترض أن عدد الفراشات الشطرنجية فى عشيرة معينة تناقص بشدة بفعل طقس غير ملائم يأتى بمعدل مرة كل سنتين. وأن هذه التناقصات الدورية حالت دون نمو العشيرة بدرجة تكفى لاستهلاك الجانب الأعظم من زادها. بناء على ذلك فإن تغيرات الطقس تعدِّل الزاد النباتى الخاص باليرقات ولكنها لا تعدِّل حجم عشيرة الفراشات الشطرنجية.

فى ظل هذه الظروف يتوقع المرء أنه بمحض الصدفة المتمثلة فى عدة سنوات متواصلة من الطقس السئ يمكن أن يحدث تناقصاً مستمراً فى حجم العشيرة يفضى إلى انقراضها. وفى المقابل يكون انقراض العشيرة نادراً للغاية لو كان ذلك النظام هو الكثافة العددية – المورد التابع، لأنه بقدر ما تتناقص العشيرة فإن الظروف المتحسنة بالنسبة لكل فرد يظل على قيد الحياة يمكن أن تؤدى إلى البقاء والتكاثر بدرجة أكبر، وإلى النمو المتجدد للعشيرة. ملاحظتنا الأولى للانقراض اقترحت أن الوحدات الديموجرافية لفراشات الخليج الشطرنجية فوق جاسبر ريدج قد تكون منظمة وفق نمط الكثافة العددية – المورد المستقل مثل العديد من الحشرات آكلة النبات الأخرى والتى تشمل مختلف حشرات المحاصيل. وأكد العمل فيما بعد هذا الانطباع. لشرح ما نعرفه عن آليات ذلك النظام لابد أن أصف أولاً دورة حياة فراشات الخليج الشطرنجية بدقة ووضوح.

تكون الفراشات الشطرنجية البالغة فى مرحلة الطيران خلال شهرى مارس وإبريل. ويعتمد التوقيت الصحيح لتلك المرحلة على حالة الطقس. يوضع البيض فى مجموعات على أو حول نبات لسان الحَمَل الحولى الصغير (بلانتاجو ايريكتا) ذى القرابة مع

نباتات لسان الحمل البذرية الأوربية التى تنمو فى كثير من الحدائق والمناطق الخالية.. يفقس البيض عن يرقات صغيرة تنخرط على الفور فى سباق ضد الزمن. فهى يجب أن تنمو إلى حجم معين قبل أن تزهر النباتات التى تتغذى عليها وتنتج بذور الجيل التالى وتموت بسبب قدوم الجفاف السنوى الذى يحدث فى كاليفورنيا كل صيف. إذا ما وصلت اليرقات إلى الحجم المناسب فإنها كيرقات نامية جزئياً (أقل من نصف بوصة) تقضى فصل الصيف الجاف فى دور السكون المؤقت، ولا تصبح نشطة من جديد قبل أن تبدأ أمطار الشتاء وتنمو براعم الجيل التالى من نباتات زادها.

خلال شهرى يناير وفبراير وأوائل شهر مارس تنمو اليرقات المستعيدة لحيويتها بسرعة وتكوِّن كل منها عندئذ شرنقة (العذراء)، تتفكك فيها بالضرورة آلة التهام الطعام القوية لليرقة وتتركب فيها آلة التكاثر المتناثرة الأجزاء الخاصة بالطور البالغ. وبعد أسبوعين فى طور العذراء يخرج الطور البالغ من الشرنقة ويتزاوج ، وتضع الإناث البيض وتبدأ دورة الحياة من جديد.

تستطيع أنثى الفراشات الشطرنجية وضع أكثر من ألف بيضة لكن الواضح أن عدداً صغيراً جداً منها يقدر على البقاء والاستمرار معظم الأجيال. وإلا فإن العالم سيصبح غارقاً حتى أذنيه فى الفراشات الشطرنجية. وفى الواقع لو أن عشيرة فراشات شطرنجية تضاعفت سنوياً فقط مع كل جيل ففى أقل من مائة سنة سيفوق وزنها وزن الكرة الأرضية نفسها. وذلك هو مصدر قوة ما أطلق عليه المبجِّل توماس مالتوس – الرجل الذى التصق اسمه دائماً بمفهوم ما عن الزيادة السكانية للبشر – زيادة العشيرة "بنسبة حسابية". لكن عدد اليرقات التى يفقس عنها البيض الموضوع بواسطة أنثى عادية من الفراشات الشطرنجية (نسبة مواليد العشيرة) يختلف قليلاً من جيل إلى آخر. وطالما أن اختلاف نسبة المواليد قليل ؛ لذا فإنه ليس عاملاً أساسياً فى ديناميات عشائر الفراشات الشطرنجية.

رغم الاختلاف القليل فى نسبة المواليد فى الوحدات الديموجرافية للمناطق ج، ن، ح الخاضعة تقريباً لنفس المناخ لماذا، إذن، كانت تموت إحدى عشائر الفراشات الشطرنجية فوق جاسبر ريدج بينما تنفجر جارتها الملاصقة فى العدد؟ للإجابة عن هذا السؤال لابد أن نبحث مصادر الاختلاف فى معدل الوفيات الذى يمكن أن يوازن القدرة التكاثرية الهائلة للفراشات.

الرأى السائد بين الايكولوجيين أن التغيرات فى معدلات الوفيات تُفسّر عادة ديناميات عشائر اللافقاريات، وتعزز دراستنا على الفراشات الشطرنجية هذا الاعتقاد(*) . ومع ذلك فالوفيات القليلة نسبياً والمبكرة التى لاحظناها فى الفراشات البالغة لا يمكن أن تعلل بأية حال التقلبات المهمة فى حجم العشيرة. وبالتالى لابد أن الموت قد لحق بجميع أطوار حياة الفراشات الشطرنجية من البيض وحتى الأطوار البالغة. ولكن اكتشاف متى ولماذا يحدث ذلك كان يتطلب قدراً كبيراً من البحث الدءوب أثناء برد ومطر وضباب الشتاء. وبناء عليه قررت أن أحصل على طالب بحث سبق له التكيف مع تلك الظروف المناخية للتغلب على المشكلة. وبرهن ميخائيل سنجر القادم من إنجلترا على أنه الشخص المناسب. واختفى فى حقل البحث فصلين وعاد مكتئباً بعض الشئ ولكنه مصحوب بالإجابة.

أثبتت الإجابة فى النهاية أن جزءاً صغيراً فقط – ربما يكون ١ ٠/٠ أو ٢ ٠/٠ – من اليرقات التى تخرج من البيض يتدبر الأمر للنمو إلى حجم كبير بدرجة تكفى لدخوله دور السكون المؤقت بنجاح قبل أن يختفى غذاؤه. وأن معظم اليرقات مات جوعاً ليس بسبب أكل اليرقات لغذائه (كما كان سيحدث لو أن نظام العشيرة هو الكثافة العددية – المورد التابع) بل لأن غذاءه قد جف فى أواخر الربيع.

---

(*) ليس معدل الوفيات دائماً المدخل لفهم ديناميات العشيرة. وهذا حقيقي بالنسبة للثدييات التى قد تتغير معدلاتها التكاثرية بطريقة مفاجئة تماماً حسب الظروف البيئية. لكن معدل الوفيات يمكن أن يكون مهماً لأقصى درجة فى ديناميات عشائر الثدييات، حتى وإن بدا مغالياً فيه كعامل رئيسى فى التغيرات المستقبلية لأحجام عشائر الإنسان ويظهر بوضوح أن الديموجرافيين (العلماء الذين يدرسون ديناميات العشيرة البشرية) يركزون الآن على التغيرات فى نسبة المواليد حين يتصورون الأحجام المستقبلية للعشيرة البشرية، وذلك أمر باعث على السخرية بما أنهم يعرفون جيداً أن التغيرات فى معدل الوفيات لعبت دوراً رئيسياً فى ديناميات العشيرة البشرية فى الماضى. ولقد كانت البشرية ناجحة بصورة مذهلة على مدى ١٠,٠٠٠ سنة مضت فى خفض معدل الوفيات تدريجياً فى البداية وبسرعة بعد ذلك – وبخاصة معدلات وفيات الأطفال والقصَّر– فى عشائرها. وعن طريق خفض معدلات المخرجات (معدل الوفيات) وترك معدلات المدخلات (نسبة المواليد) غير متغيرة تقريباً تولّد انفجار العشيرة. ويتركز الانتباه الآن بصورة خاصة على وسائل خفض نسبة المواليد واستعادة التوازن. ويصبح ذلك مفهوماً لأن البشر هم النوع الوحيد الذى يستطيع التحكم بوعى فى نسبة مواليده. والحق أن المرء يستطيع أن يجادل فى أن السلوك الأكثر "إنسانية" للإنسان – وهو الشئ الذى يفصل بوضوح نوعنا عن الحيوانات الأخرى – هو ممارسة التحكم فى المواليد. والقضايا الاجتماعية والسياسية والاقتصادية والتكنولوجية التى تحيط بتلك الممارسة هى من بين القضايا الحاسمة التى تواجه نوعنا.

ومع ذلك فكل ما يتعلق بالتأكيد على نسب المواليد بين البشر يصرف الانتباه عن الجهد المتواصل من أجل تغيير معدلات الوفيات. وتتدبر البشرية الأمر من خلال الابتكار فى الزراعة قبل كل شيء لزيادة قدرة حمل الكوكب للناس. وعلاوة على ذلك فعن طريق استغلال (وتدمير) مصادر الطاقة غير المتجددة – مثل زيوت الوقود الناتجة عن الحفريات والرواسب المعدنية المتركزة، والزراعة فى الجزء العميق من التربة، ومخازن المياه الجوفية واسعة الانتشار والتى تجمعت على مدار مئات الآلاف من السنين، وكائنات حية أخرى متنوعة – عن طريق كل ذلك تزيد البشرية حجم عشيرتها فوق المستوى الداعم للحياة بصورة دائمة.

وهذا يعنى، حتما، أن معدلات الوفيات سوف ترتفع وهى عملية بدأت بالفعل فى بعض المناطق مثل الساحل. وسوف تدفع البشرية ثمن تخطى قدرة بيئتها على الحمل مثلما كان الحال مع عشيرة الفراشات الشطرنجية.

يبدو أن هناك ثلاث طرق يمكن لليرقات أن تحقق بها الفوز فى سباق الدخول لدور السكون المؤقت. اثنتان منها غير مهمتين نسبياً باعتبارهما خاصتين بجزء ضئيل من اليرقات التى تبقى حية. فلو كانت اليرقات محظوظة تماماً بخروجها من كتلة بيض وضعت مبكراً فوق نبات لسان الحمل الذى يتصادف أن يكون نموه فى بقعة رطبة نسبياً فإن النبات قد يمتد به العمر لدرجة كافية تتيح لها الدخول فى دور السكون المؤقت. أما إذا كانت كتلة البيض قد وضعت فوق أجمة من نبات لسان الحمل تنمو فى تربة "محروثة" بفعل الغوفر فإن اليرقات يكون لديها أيضاً نفس فرصة دخول دور السكون المؤقت لأن جذور نبات لسان الحمل يمكن أن تنمو لعمق أكبر فى التربة الرخوة ولا يجف النبات مبكراً مثل سائر النباتات. بالطبع لو كانت اليرقات ناجحة بسبب استراتيجية الغوفر – لسان الحمل فإنها تغدو بذلك محظوظة تماماً لأنها لم توجد على لسان الحمل الذى يأكله الغوفر.

كيفما كان الأمر فالأغلبية العظمى التى تبقى حية تفعل ذلك لأسباب مختلفة كلية. حين تجف نباتات لسان الحمل التى تتغذى عليها اليرقات تبدأ اليرقات الصغيرة الجائعة فى التجول. فإن كانت حسنة الحظ بدرجة كافية بسبب عبورها على نبات برسيم البومة (أورثوكارتس) فإنها تتسلّقه وتكمل تغذيتها. وبرسيم البومة نبات حولى من عائلة أنف العجل، يتصادف أنه أحد النباتات القليلة غير لسان الحمل التى تنمو عليها يرقات فراشات الخليج الشطرنجية بنجاح (مع أن إناث فراش جاسبر ريدج لا تضع بيضها عليه عادة). ولأن نبات برسيم البومة يعيش فترة أطول مما يعيشه نبات لسان الحمل عقب انتهاء المطر فإنه يلعب دوراً رئيسياً فى ديناميات فراشات الخليج الشطرنجية فوق جاسبر ريدج.

فى أوائل السبعينيات كنا قادرين على أن نتبين أن حجم عشائر الفراشات الشطرنجية فى عام واحد كان شديد الارتباط بوفرة نبات برسيم البومة المتاح لليرقات فى العام السابق. نظام الكثافة العددية – المورد التابع غير موجود هنا. فليس ثمة يرقات كافية كى تنقص بدرجة ملحوظة كمية نبات برسيم البومة. ولكن كلما كان نبات البرسيم وافراً كانت الفرصة أفضل أمام اليرقات الشطرنجية المتجولة للحصول على بعض منه. وأصبحنا قادرين أيضاً على أن ننشر فى مجلة ساينس (مجلة العلوم الأمريكية الشهيرة –م) تنبؤاً بحجم عشيرة الفراشات الشطرنجية فى عام ١٩٧٥، تنبؤ قائم على أساس كثافة برسيم البومة فى عام ١٩٧٤ وأثبت تنبؤنا فى النهاية صحته – وهى حادثة غير عادية نسبياً فى الدراسات المتعلقة بديناميات العشائر الطبيعية لأن أسباب تغيرات حجم العشيرة نادراً ما تكون مفهومة. ولكن مثلما يحدث غالباً فى علم

البيئة فإن حلّ مشكلة يولد مشكلة أخرى. والآن تحاول مجموعتنا اكتشاف ما يتحكم فى حجم عشيرة نبات برسيم البومة!

تعلمت درساً علمياً كبيراً من خلال عمل مايك سنجر - احذر الأمور التى تعتبرها صحيحة. فحين أرسلت مايك إلى حقل البحث أخبرته أن الغذاء النباتى ليرقات الشطرنجيات هو نبات لسان الحمل وذلك ما قيل على لسان هاو محلى لقشريات الأجنحة وما تقوله الأدبيات، وقد جمعت بنجاح يرقات من فوق كلٍ من نبات لسان الحمل والنباتات البذرية ذات الصلة به. إن فكرة وجود غذاء نباتى آخر لم تكن تخطر على بالى - فى الواقع حتى ذلك الحين لم يكن مفهوم غذاء نباتى ثانوى موجوداً بالضرورة بين العاملين فى حقل الفراشات. ونبهنى اكتشاف مايك لسياق نبات برسيم البومة فى حينه ومن جديد إلى حاجة العالِم الدائمة لجعل ما يسلم به العامة محلاً للتساؤل.

إن اكتشاف مايك كشف النقاب عن عامل مهم فى التحكم فى ديناميات الفراشات الشطرنجية لجاسبر ريدج - هو الدور الحاسم لبرسيم البومة فى تحديد معدلات الوفاة. فحين يكون برسيم البومة وافراً فى منطقة ما يزيد ذلك فرص اتساع عشيرة الفراشات الشطرنجية الموجودة فيها، وحين يكون البرسيم نادراً فالأرجح أن تتقلص عشيرة الفراشات. لكن هناك الكثير فى الحكاية أكثر من ذلك، وظلت مجموعتنا تعمل عملاً شاقاً لكشف التفاصيل. مثلاً من الواضح الآن أن الاختلافات فى المناخ المحلى قرب سطح التربة حيث تعيش اليرقات يمكن أن تلعب دوراً رئيسياً فى ديناميات الشطرنجيات. ومع أن المناطق ج، ز، ح خاضعة لنفس المناخ إلا أن كلا منها تحتوى على مجموعة مختلفة من الأنظمة المناخية المحلية بسبب اختلاف درجات المْيل والتعرض (للعوامل الجوية). فلو كانت هناك سنة باردة جداً وشديدة المطر بالنسبة للنمو النموذجىّ ليرقة تعيش فى منخفض مواجه للشمال ربّما تصبح تلك الظروف مناسبة تماماً ليرقة تعيش فوق منحدر مواجه للجنوب. ولكن حتى المناخ المحدود ووفرة نبات برسيم البومة (الذى لا يتأثر هو ذاته بدون أدنى شك بالمناخ المحدود) يبدو أنهما ليسا القصة بكاملها - خاصة فيما يتعلق بانقراض الوحدة الديموجرافية فى المنطقة ز- كما سوف نرى بعد هنيهة.

أدركت مبكراً ومن خلال عمل مجموعتنا على فراشات الخليج الشطرنجية أننا إذا ركزنا فقط على عشائر جاسبر ريدج فسوف نتعلم الكثير جداً فيما يتعلق بها غير أنه لن يكون لدينا فكرة عن كيفية تطبيق نتائجنا على نطاق واسع. هل كانت عشائر جاسبر ريدج نموذجية فيما يتعلق بكل فراشات الخليج الشطرنجية أو بكل عشائر فراشات ايديث الشطرنجية؟ (تذكر أن فراشات الخليج الشطرنجية مجرد واحدة من تحت نوع ايديث (ايديثا باينسيز). هل عشائر جاسبر ريدج نموذجية كحشرات آكلة

نبات أو من بعض الأوجه نموذجية بالنسبة للحيوانات ككل؟ للإجابة عن هذين السؤالين قمنا بتقسيم أنفسنا وبدأنا البحث فى العشائر القريبة من فراشات الخليج الشطرنجية التابعة لتحت نوع آخر من فراشات ايديث الشطرنجية وفى عشائر نوع آخر من الشطرنجيات وثيق الصلة بها (خاصة الفراشات الشطرنجية العقيقية البيضاء التى تظهر هى أيضاً فوق جاسبر ريدج) فضلاً عن عشائر فراشات ليس لها علاقة بالشطرنجيات. وقام مايك سنجر ولارى جيلبرت وهو طالب آخر من طلابى البحاث بعمل رائد على عشائر أخرى من فراشات ايديث داخل نطاق كاليفورنيا، وهى العشائر التى استمرت مجموعتنا فى دراستها على مدار السنوات الخمس عشرة الماضية. وقد أوضح هذا العمل أن الأنواع ليست متماثلة بالضرورة من الوجهة البيئية. وبيّنت الدراسات على عشائر ايديث الشطرنجية بامتداد غرب الولايات المتحدة أن ايكولوجيا عشائر تحت نوع الخليج ليست نموذجية بالنسبة للنوع بكامله. ففى المناطق المختلفة يهاجم النوع أغذية نباتية مختلفة وتطير الأطوار البالغة فى أوقات مختلفة ويكون لعشائره أبنية مختلفة. وبينما ينتظم الكثير من عشائر ايديث الشطرنجية مثل الموجودة فوق جاسبر ريدج فى نسق الكثافة العددية – المورد المستقل تنتظم عشائر أخرى فى نسق الكثافة العددية – المورد التابع.

ينبغى أن تنبه نتائج البحث هذه المكلفين بمقاومة الآفات الضارة اقتصادياً مثل ذبابة الفاكهة المتوسطية إلى أن عليهم أن يخططوا إجراءاتهم الضابطة للتعامل مع ايكولوجيا عشائر الآفات حسب المواقع الخاصة بكل منها وليس على أساس الخواص المسلم بها للنوع واسع الانتشار. ويبدى الكثير من الآفات الضارة اختلافاً فى الخواص البيئية شبيهاً بالاختلاف الموجود فى شطرنجيات ايديث – والحق أن الاختلاف قد يكون هو القاعدة وليس الاستثناء.

لم تكشف الدراسات على أنواع أخرى من الشطرنجيات فقط تنوع الأنماط الايكولوجية بل فعلت ذلك أيضاً الأبحاث على فراشات مجموعات أخرى مختلفة تماماً. وقد فحصت وطالبة أخرى ممتازة من طلابى هى بيتى بروسارد بنية عشيرة حوراء الخشب واسعة الانتشار فى المروج الجبلية لكلورادو ووجدنا أن وحداتها الديموجرافية قد غطت مناطق أكبر من مناطق شطرنجيات جاسبر ريدج.

لكن ما أقلقنى بدرجة أشد هو ما إذا كانت الفراشات فى غابة استوائية مطيرة ستبدى نفس أشكال التقلبات والانقراضات كما هو حال الوحدات الديموجرافية لفراشات الخليج الشطرنجية فى حكر جاسبر ريدج. إن الغابات المطيرة مع قابلية للأخذ والردّ هى المواطن المهمة لأبعد حد فوق الكرة الأرضية – مخازن التنوع الهائلة للطبيعة. أنها آخذة فى الاختفاء بسرعة وبيولوجياً مستوطنيها مفهومة لحد ما. وقد

اعتقد فولكلور علم البيئة أن الفراشات (وكائنات حية أخرى أيضاً) فى دغل الغابة لها أحجام عشائر ثابتة بدرجة أكبر بكثير من نظائرها فى المناطق المعتدلة.

لتبيّن إن كان ذلك صحيحاً بدأتُ ولارى جيلبرت فى أوائل السبعينيات مشروعاً طويل المدى على ديناميات الفراشات طويلة الأجنحة (هيليكونياس إثيلّلا) فى جبال شمالى ترينيداد. وكانت مجموعتنا تعمل بنجاح في حقل مركز البحث العلمى بـ "سيميلا" التابع لجمعية نيويورك لعلم الحيوان التى أُنشئت قبل ذلك بعقود على يد الطبيعىّ الشهير ويليام بيبى.

كان ذلك نقطة انطلاق فعاليات مفرحة لأقصى حد. وعقب يوم طويل حار فى ترقيم وإعادة اقتناص الفراشات فى غابات ترينيداد الجبلية كنا نعود إلى منزل قديم مظلل وجميل، نستحم ونحتسى الكوكتيل. وبعد تناول وجبة الطعام الرئيسية كنا نسجل معلوماتنا ونراجع المكتبة الممتازة لمركز البحث العلمى أو نندهش من التنوع الذى لا يصدق للفراشات والحشرات الأخرى المنجذبة نحو "المصباح الأسود" (كان ينتج ضوءاً فوق بنفسجى مرئياً للحشرات وينتج كذلك ضوءاً ذا أطوال موجات مرئية لنا) الذى وضعناه فى الشرفة الخلفية. وإذا ما شعرنا أننا طامحان كنا نغادر المنزل أحياناً أنا ومايك سنجر ومعنا كشافات إضاءة، ناقلين الخطى ببطء بين نباتات قاع الغابة بحثاً عن اليرقات الليلية لفراشات إيوبْتشْيا التى كانت علاقتها بزادها النباتى (الحشائش وما أشبه) محل دراسة أيضاً. وكنا مضطرين أثناء تلك الغزوات بالطبع إلى جعل أعيننا مفتوحة دائماً خوفاً من سيدات الأدغال (حيات أمريكية كبيرة سامة). وسيدات الأدغال كأقرباء ليليين للمجلجلات (حيات ذات صوت كصوت الجرس) هى الأكبر والمميتة بصورة أسرع من كل الأفاعى السامة – إنها مصدر الخطر المحلى الباعث على أشد درجات الخوف.

انقطع عملنا فى سيميلا بسبب غلق مركز الأبحاث على غير المتوقع، لكن ذلك لم يحدث قبل قيامنا ببعض الاكتشافات المهمة. وفيما يتعلق بالشيء الأهم فقد أظهرت عشائر الفراشات طويلة الأجنحة تقلبات قليلة عند مقارنتها بعشائر الخليج الشطرنجية. بهذه الحالة دُعّمت المعرفة الفولكلورية بالدليل. وبرهنت الفراشات طويلة الأجنحة كذلك على أنها طويلة العمر جداً. وتبين سجلاتنا عن إعادة الاقتناص أنها تظل حية كأطوار بالغة مدة أربعة أشهر (فى المقابل مع الشطرنجيات التى يكون معدل بقائها حية حوالى سبعة أيام). تعيش الأطوار البالغة للفراشات طويلة الأجنحة فترة تمتد حتى يصبح لها أحفاد بالغة تطير معها – وهذه دورة حياة غير عادية فعلاً بالنسبة لحشرة.

الواقع أن للفراشات طويلة الأجنحة استراتيجية دورة حياة مختلفة تماماً عن الفراشات الشطرنجية. إناث الفراش الشطرنجي تخرج من شرانقها مزودة بكمية كبيرة من البيض الناضج وهي تتخلص منها بسرعة قدر الإمكان لتعطى يرقاتها أحسن فرصة ممكنة للوصول إلى دور السكون المؤقت قبل أن يصبح الزاد النباتي غير متاح فترة أطول. وفي المقابل تخرج إناث الفراش طويل الأجنحة من الشرانق مزودة ببيض غير ناضج وتضع بالكاد قليلاً من البيض كل يوم على امتداد حيواتها الطويلة. من السهل أن نحدس بأسباب تطورية للاستراتيجيتين المختلفتين ولكن من المستحيل حقاً أن نثبت أيًا منهما هو الحدس الصحيح.

تتضمن إحدى عمليات الحدس النمل، وهو المفترسات الأكثر شيوعاً والضارية في الغابة الاستوائية موطن الفراشات طويلة الأجنحة. يتنقل النمل بين النباتات القائمة بسرعة، بما في ذلك أفرع نبات شرق الفلك التي تزود يرقات الفراشات طويلة الأجنحة بالطعام، بحثاً عن اليرقات وفرائس أخرى. وعليه فحياة يرقة الفراشة طويلة الأجنحة داخل الغابة الاستوائية محفوفة بالمخاطر، وبما أن الإناث تخرج (من الشرانق) وهي لا تحمل بيضاً ناضجاً فإن طور اليرقة يحتاج في النهاية إلى أن يمتد لوقت كاف كي يدّخر احتياطياً لبناء هيكل الطور البالغ، ولذا لا تبقى مصادر زائدة مخزونة في ذلك الطور من أجل إنتاج البيض. التطور إذن قد يحل مشكلة النمل المفترس عن طريق تقليل الوقت الذي تقضيه طويلة الأجنحة كيرقات. فإناث الفراش طويل الأجنحة لديها مهمة، هي الحصول على المصادر الضرورية لإنتاج البيض، ولذا فإن بقاءها في الطور البالغ أكثر أمناً من وجودها كيرقة. (ثمة استراتيجية تطورية إضافية لطويلة الأجنحة وهي أن يرقاتها تستخرج سموماً من نبات شرق الفلك وتنتقل تلك السموم إلى الأطوار البالغة. وهذا من شأنه جعل الفراشات غير مستساغة من جانب أعدائها الأساسيين، وهم الطيور، التي تبدو حسّاسة بشدة للتذوق عن النمل).

لكن من أين تحصل الأنثى البالغة للفراش طويل الأجنحة على القوت اللازم من أجل إنتاج البيض؟ ترشف الفراشات البالغة الرحيق الذي يتكون معظمه من السكر، ومع ذلك فالبروتين مطلوب لإنتاج البيض. حلّ لارى اللغز ونبهني في نفس الوقت مجدداً إلى مخاطر الجمود الفكري. فقد لاحظ أن الفراشات طويلة الأجنحة تحوز في الغالب قدراً من اللقاح فوق "ألسنتها" الطويلة الملتفّة. ولاحظتُ أنا أيضاً أن لقاحاً ضخماً يُحمّل عدة مرات، ولكني افترضت دائماً أنه يكشف ببساطة عن جذب الزهرة بنجاح لناقل لقاح. ورغم كل ذلك فالسبب في إنتاج النباتات للأزهار وتزويد الفراشات والنحل وحشرات أخرى فضلاً عن طيور بعينها بالرحيق هو إغواؤها جميعاً للمساعدة في احتياجاتها للتكاثر الجنسيّ. وأثناء الحصول على الرحيق تنقل الفراشة اللقاح.

هكذا كان "إدراكى" لما يحدث. ولكن لارّى كان أكثر مرونة فى تفكيره وكان مراقباً جيداً. إذ لاحظ أن الفراشات طويلة الأجنحة أظهرت أنهـا تعالج ببراعة اللقـاح العالق بألسنتها. وبسلسلة من التجارب كان قادراً على أن يوضـح أنها فى حقيقة الأمر تهضم اللقـاح خارج أجسامـها بواسطة اللعـاب الذى تفرزه وبعدئـذ تمتص الحسـاء الغنى بالأحماض الأمينيـة –وهى كتل بناء البروتين. كان اكتشافه مربكاً لى لأنى لاحظت فى أبحاثى الخاصـة بأطروحاتى الجامعية عن مورفولوجية الفراشات وجود الزوائد الدقيقة جداً على ألسنة الفراشات طويلة الأجنحة والتى تستخدمها من أجل معالجة اللقاح على شكل كرات صغيرة، لكنى لم أعرف وظيفتها وافترضت أنها أعضـاء للحس.

للحصول على اللقاح الذى تريده تقوم طلائع طويلة الأجنحة "جنود الفخّ" بزيارات متعاقبة منتظمة للأزهار المنتجة للقاح، الموجودة فى مناطق بعينها من الدغل المنتشر على نطاق واسع، وهى المناطق التى تعد المورد الذى لا غنى عنه للعشيرة. وكما أوضح لارى فيما بعد فإن تلك الفراشـات لم تكن طويلة العـمر فحسب ، بل إنهـا بارعة إلى درجة أكبر من أقربائها فى المناطق المعتدلة فى حكر جاسبر ريدج، فالإنـاث تتذكر المواقع الخاصـة بمصـادر اللقـاح، وتفحص الأنثى المرة بعد المرة نفس النبات من ثمرة الفلك منتظرة بغاية الدقة المرحلة المناسبة من نمو الورقة قبل أن تضع بيضها.

الاستراتيجية التكاثرية للفراشات الشطرنجية مختلفة تماماً. فالرحيق ومصادر اللقاح عمرهما أقصر من عمر أوراق لسان الحمل فى ربيع كاليفورنيا. كما أن يرقات الشطرنجيـات لا تعيش فى بيئة تعج بالنمل المفترس، وبقـدر ما نعلم فهى تتعرض للافتراس بدرجة أقل بكثير من تعرض يرقات طويلة الأجنحة. لذا يتوقع المرء أن تكون الحاجة لتغذية الطور البالغ قد تم اختزالها إلى الحد الأدنى. وهناك القليل الذى يمكن الحصول عليه من تقصير عمر الطور اليرقى (داخل البيض) للأنثى، ولهذا فإنها تخرج وتحاول الحصول على مصادر زاد من أجل إنتاج البيض وهى فى الطور البالغ. وعليه فإن الشطرنجيات تطورت لكى تقضى معظم حيواتها كيرقات تأكل بدرجة كافية لتتزود بمواد البناء اللازمة لتكوين الأطوار البالغة وإنتاج كمية من البيض على السواء.

عقب اكتشـاف لارّى لمغزى جمع طويلة الأجنحـة للقـاح بدأت أتسـاءل لم تمتصّ الشطرنجيـات الرحيق على أية حـال. ويبـدو أن بعض عشـائر الشطرنجيـات تنمـو بامتصاص قليل من الرحيق المتاح أو تنمو بدون ذلك. لكن حين تصبح الأزهار الملائمة غزيرة تقضى الفراشات وقتاً أطول فى رشف رحيقها. ويرى فكر التطور النموذجى أنه من المستبعد بشدة أن تبذل الكائنات الحية جهداً كبيراً فى نشاط لا يزيد من قدرتها التكاثرية. وعليه قمت بالترتيبات الضرورية كى يتابع أحد طلابى البحاث وهو دينيس مورفى مشروعاً صعباً كأطروحة دكتوراه ليرى إن كان يستطيع اكتشاف كيف يؤثر الرحيق كمورد فى ديناميات عشائر الفراشات.

كنت أعرف أنه حتى لو فشل فى الإجابة عن السؤال فسوف يتعلم على الأقل شيئاً ما عن استراتيجيات البحث عن الرحيق واستخدامه عند الشطرنجيات. (كانت هناك فرصة ضئيلة فى ألاّ تأتى الرسالة بجهوده الشخصية، وهذا رأى حاسم لا داعى لأن يقال حين يجرى التخطيط لمشروع بحث مع طالب دكتوراه) غير أن دينيس قام بعمل رائع وأدرك الإجابة. ومن تجاربه على التغذية كان بوسعه أن يتبيّن أن كتلتى البيض الأوليين الموضوعتين بواسطة أنثى فراش الخليج الشطرنجى فى جاسبر ريدج كانتا بنفس الحجم والوزن تقريباً سواء أكانت الأنثى قد تغذت على الرحيق أم لا. وكانت هاتان الكتلتان هما الكتلتين الحاسمتين لأنهما كانتا الوحيدتين المنتجتين لليرقات اللتين لديهما فرصة الوصول إلى دور السكون المؤقت.

رغم ذلك كان الرحيق مهماً فى المحافظة على إنتاج البيض بعد وضع الكتلتين الأوليين. حيث أن امتصاص الرحيق يزيد من إنتاج الأنثى للبيض بدرجة كبيرة عقب الكتلتين الأوليين، كما أنه يمكّن الذكر من أن يعيش فترة كافية كى يخصب بعض البيض الإضافى. ليس لهذا دلالة فى معظم السنين لأن الهدم المبكر للزاد النباتى يعنى الموت جوعاً بالنسبة لمعظم اليرقات الخارجة من كتل البيض المتأخرة فى وضعها. لكن حين يكون الطقس مناسباً بصورة خاصة تدوم النباتات فترة أطول، وتستطيع اليرقات الخارجة من البيض المتأخر البقاء، وبالتالى يزداد حجم العشيرة كثيراً.

اقترح دينيس أن الوحدات الديموجرافية لفراشات ايديث الشطرنجية فى جاسبر ريدج، التى حصلت على أحسن الموارد المناسبة للرحيق ستكون الأكثر توازناً فى مواجهة الانقراض – بما أن الحجم الكبير للعشيرة التى تكون تقلباتها وفق نظام الكثافة العددية – المورد المستقل يمنحها الضمان ضد الانقراض العرضىّ. هذه الفرضية كانت تفسّر التلهف على امتصاص الرحيق من جانب الشطرنجيات فى كل فصل، لأنه ليس لديها وسيلة للتنبؤ بوقت شيخوخة النبات. وكانت تفسر أيضاً الانقراضات فى المنطقة ز حيث كان زاد اليرقات وافراً هناك وإن كانت موارد الرحيق نادرة نسبياً. وإذ تثبت فرضية دينيس صحتها فإن الوحدة الديموجرافية فى المنطقة ز تصبح غير قادرة على إقامة عشائر كبيرة بدرجة تكفى لتزويدها بالضمان المعقول ضد الانقراض العرضىّ.

الآن وقد تم التعريف بديناميات العشائر نستطيع الانتقال إلى النظر فى تطورها. إن الموضوعين مجدولان معاً. فنسبة المواليد ومعدل الوفيات ليسا فقط محل الاهتمام فيما يتعلق بديناميات العشائر ولكنهما حاسمان أيضاً فى فهم تطورها. وهما متغيران غالباً فى سياق التطور. وكانت القدرة التكاثرية الكبيرة للكائنات الحية معروفة لأبناء العصر الفيكتورى من خلال كتابات مالتوس الموقّر، ولم تغب عن انتباه تشارلز داروين، أول من أوجد صلة بين ديناميات العشائر وتطورها. وأدرك داروين أن الأغلبية العظمى

من النسل الناتج عن معظم الكائنات الحية فشلت فى البقاء والتكاثر. وتساءل ما الذى يحدد، إذن، من ينجح ومن لا ينجح فى التكاثر. وبالتناظر الوظيفى لممارسات الناسلات الحيوانية والمولدات النباتية حدس أن الطبيعة تختار النسل الذى يصبح آباء للجيل التالى. وأى الأفراد تختار الطبيعة؟ إنهم أولئك القادرون بصورة أحسن على البقاء والتكاثر.

هذا المفهوم اللَّغْوى أو المتكرر المعنى بلفظ مختلف لحد ما عن الانتخاب الطبيعى: الأصلح يبقى وهؤلاء الذين يبقون هم الأصلح، هذا المفهوم هو حتى الآن لبّ نظرية التطور. ليس للطبيعة أهداف. وقد يختار مربى ماشية للتربية الأبقار المنتجة للّبن بأقصى درجة، ويختار وراثى يعمل فى شركة زراعية آباء للجيل التالى من نباتات طماطم تنتج ثماراً كبيرة الحجم متينة جداً، و(بالمصادفة) عديمة الطعم تقريباً. غير أن التكاثر فى الطبيعة غاية فى حد ذاته. والأفضل عنده هم حسب التعريف الصالحون أكثر بأقصى درجة. ويفسر الانتخاب الطبيعى لم تكون الكائنات الحية مناسبة تماماً لسياقاتها الايكولوجية؟. وباستخدام الانتخاب فقط نستطيع فهم لماذا تؤدى آلة الطبيعة عملها على النحو القائم ؟.

بمصطلحات عصرية يحدث الانتخاب الطبيعى حين يوجد تكاثر مميّز بين أنماط وراثية. فلو أن أفراداً لديها شكل ما من قدرة وراثية أنتجت بانتظام إنتاجاً كبيراً من أفراد لها تلك القدرة الوراثية حينئذ يظهر الانتخاب الطبيعى. الصلاحية فى نظرية التطور هى مقياس قدرة نمط وراثى على التكاثر مقارناً بنمط وراثى آخر. ومن حسن الحظ ولأسباب سوف نتحراها فى عجالة فإن جميع الأفراد ليست متماثلة وراثياً. ولو كانت كذلك لما وُجد تكاثر مميّز بين الأنماط الوراثية ولا حدث تطور.

بالتعبيرات المختصرة للوراثيين يسمّى النمط الوراثى تركيباً وراثياً. والتركيب الوراثى مختلف عن المظهر، والذى هو ببساطة الهيئة الجسدية والأداء الوظيفىّ لكائن حى فرد. المظهر ناتج عن تفاعل التركيب الوراثى مع البيئة. فمثلاً لدى الأطفال ميل موروث للنمو حتى طول معين، لكن الطول الذى يحققونه بالفعل يعتمد على كل من الميل الوراثى والعوامل البيئية. وإن كان لدى شخص "جينات طول" وأسيئت تغذيته وهو طفل فقد ينتهى به الأمر إلى توقف طوله عند خمس أقدام - فالتفاعل بين التركيب الوراثى للطول والبيئة الفقيرة قد ينتج مظهراً قصيراً.

التركيب الوراثى الصالح بدرجة أكبر فى العشيرة هو، حسب التعريف، الذى ينتج فى المتوسط أكثر نسل فى جيل ما. بهذا المعنى التقنىّ تسمى الصلاحية أحياناً الصلاحية الداروينية، وهى أمر مختلف تماماً عن الصلاحية التى تستخدم فى لغة الحياة اليومية. إنها تُختصر إلى المساهمة الجزئية لجينات فرد فى الأجيال التالية كلها

– بمعنى كيف تولّد شبيهاً بالأفراد الأخرى فى العشيرة. إن رجلاً طوله ستّ أقدام وخمس بوصات موفور الصحة وسيم ذو مهابة، بلا أطفال وهو فى الثانية والعشرين من عمره بسبب قطع أوعيته الناقلة (مخصىّ) ليس صالحاً عادة بالمعنى الداروينى مثل رجل مشوه أنجب طفلاً سليماً.

وقد أضفت تحفظ "ليس.. عادة" لأن الصلاحية لحد ما أصعب من أن تحدد فى كائنات حية اجتماعية مثل الإنسان منها فى الكائنات الحية غير الاجتماعية. إن اسم اللعبة ليس بالضبط التكاثر بل تكاثر جينات مثل جيناتك. ففى حالة الكائن الحى الاجتماعى قد يعزّز شخص عقيم نسخاً من جيناته عن طريق مساعدة إخوته أو أخواته مثلاً (كل منهم نصف جيناته مماثلة لتلك الموجودة عند الشخص العقيم). وعليه إن استطاع شخصنا العقيم إنقاذ خمسة إخوة وأربع أخوات من حريق قد يغدو بالفعل وبالمعنى التطورى أكثر ملاءمة بكثير من الأب سيئ الحظ المشوه. فيما بعد وحين يُناقش السلوك الاجتماعى ستدرك أهمية هذه النظرة العريضة للصلاحية.

أما فى السياق الحالى فمن المهم ببساطة التنبه إلى أن التكاثر المميّز بين التراكيب الوراثية هو القوى الدافعة الرئيسية للتطور. إنه يفسّر الشكل الأهيف الانسيابى للسمكة، والمعجزة المعقدة للعين البشرية، والألوان المتألقة فى الشكل الخارجى لجناح فراشة. وهو يفسر كذلك لم تخرج الفراشات الشطرنجية من شرانقها بكثير من البيض بينما تخرج الفراشات طويلة الأجنحة بالقليل منه، كما يفسر معظم سمات العلاقات البيئية والنظم الموصوفة فى هذا الكتاب. إن الانتصار الكبير للدراسات الوراثية الإحصائية للعشيرة أظهر أن التمايزات التكاثرية الطفيفة جداً – ولتكن أن ينتج أحد الأنماط نسلاً قدره ١٠١ فرد فى المتوسط بينما ينتج نمط آخر ١٠٠ فرد فقط – تصبح كافية تماماً لتفسير سياق التطور إذا أخذنا فى الاعتبار الزمن الهائل المتاح. ويمكن حساب تلك الفروق الطفيفة لتطور الحياة من كائنات حية أولية بسيطة متخلّقة بالكاد من الحساء العضوى غليظ القوام فى بيئة بحرية ما مبكرة وعلى امتداد الطريق حتى الطبقة العليا الإنجليزية التى أعتقد فى أيام داروين أنها تمثل ذروة الارتقاء التطورىّ.

جاء احتكاكى الواعى الأول بالانتخاب فى بيت الحيوان. ولم يكن هذا المكان جمعية للشهرة السينمائية بل كان على الأصح بناء عتيقاً فى حرم جامعة كانساس يجرى فيه روبرت سوكال (أستاذ مساعد شاب لامع كان بسبيل إحداث ثورة فى علم التصنيف) تجارب على تطور مقاومة ذباب الفاكهة لـ د.د.ت. وقد ذهبت إلى جامعة كانساس للقيام ببحث تخرج تحت رعاية التطورىّ البارز تشارلز ميشينر ولكنى كنت مدعوماً كمساعد باحث تحت إشراف سوكال.

كان الهدف من مشروع بوب اكتشاف ما إذا كان تطور المقاومة ضد الـ د.د.ت عند ذباب الفاكهة يغير من سلوكه. ومن حسن حظنا (ولسوء حظ الآفة ومقاومة المرض) أن إنتاج الذباب المقاوم كان سهلاً بشكل مضحك. فكل ما كان المرء مضطراً لعمله هو إضافة الـ د.د.ت إلى الوسط الغذائى اللزج الذى يوضع عليه بيض الذباب. وكانت اليرقات تنمو فى الوسط وهى تتغذى أيضاً على الفطريات التى تنمو فيه. وكان يضاف ما يكفي من الـ د.د.ت للوسط لقتل معظم الذباب فى كل جيل وبعدئذ يستخدم من يبقى منه حياً كآباء للجيل التالى. وبعد عشرة أجيال أو نحو ذلك أنتج هذا النظام سلالة من ذبابة الفاكهة تستمتع بجرعة الـ د.د.ت وكأنها فاتح للشهية.

إن إنتاج سلالات ذباب الفاكهة الأشد حساسية من المعتاد للـ د.د.ت كان أكثر صعوبة. الواضح أنه كان مستحيلاً استخدام الذباب الذى مات طوره اليرقى بسهولة عند تعرضه للـ د.د.ت كآباء للأجيال القادمة. وأمكن التغلب على هذه المشكلة بواسطة تقنية تعرف بـ انتخاب الأنساب. إذ يقسم بيض كل زوج من الذباب إلى قسمين. يوضع أحدهما فى قارورة تحتوى على الوسط المضاف إليه الـ د.د.ت، ويوضع الآخر فى قارورة وسطها غير مسمم. وكانت القوارير توسم بعلامات. وحين يفقس الجيل التالى من الذباب كنا نرصد أىّ القوارير المضاف إليها الـ د.د.ت لديها معدل أعلى من الوفيات. وبعدئذ نأخذ القوارير الخالية من الـ د.د.ت ونستخدم أخوة وأخوات يرقات الذباب التى ماتت بأكبر عدد كآباء للجيل التالى. وباستخدام هذه التجربة أنتجنا بعد نحو عشرة أجيال سلالات يكاد يسقط ذبابها ميتاً لمجرد رؤية قنينة الـ د.د.ت.

كانت هذه التقنية بالنسبة للوراثيين فى أوائل الخمسينيات وسيلة قديمة، ولكنى كطالب بحث مبتدئ وجدتها ساحرة. فقد أوضحت لى كيف يستطيع الانتخاب المصحوب بهدف محدد من جانب البشر – الانتخاب الاصطناعى – أن يشكل عشيرة. وعمّق ذلك اهتمامى بعمليات التطور وجاء متمماً لالتزام قوى سابق بدراسة نواتجه – التنوع الشديد فى الكائنات الحية. وعلاوة على ذلك تركت التجارب التى أجريتها مع سوكال لدى انطباعاً بمدى أهمية الانتخاب الطبيعى حتى فى المعمل. وكان واضحاً بعد عقود من التجارب التى أجريت على أيدى العديد من الباحثين على ذباب الفاكهة وكائنات حية معملية أخرى أن الانتخاب المفروض من جانب البحاث مصحوب دائماً وبالفعل بالانتخاب الطبيعى. فمثلاً إذا أوقفنا انتخاب الآباء فى كل جيل من أجل مقاومة الـ د.د.ت أو الحساسية له (بمعنى إن لم يتعرض كل جيل للسمّ فترة طويلة) فإن السمات المميزة لأى من السلالات المقاومة أو الحساسة التى تم النزوع نحوها عبر أجيال متتابعة ستتحول إلى سمات السلالات الحاكمة التى لم تتعرض مطلقاً للـ د.د.ت. من الجلى أن الانتخاب الطبيعى كان مقابلاً للانتخاب الاصطناعى الذى نقوم بتطبيقه.

كما ذكرت مبكراً لا يمكن أن يجرى الانتخاب لو كانت كل الكائنات الحية متماثلة وراثياً. فلابد من وجود تباين وراثى لحدوث التطور. ولكن ما هى الآليات التى تنتج التباين المطلوب؟ وما الذى يمنع أن تكون كل التراكيب الوراثية بنفس الصورة؟ أحد الآليات يكمن فى النظام الذى ينقل الرسائل الوراثية (وهو أساساً مجموعة تعليمات لإيجاد كائن حى جديد) من الآباء إلى الأبناء. فحين تتكاثر الكائنات الحية لا تستقبل ذرياتها عادة وبإحكام نفس مجموعة الرسائل التى تلقاها الآباء. وأحد أسباب ذلك هو أن القوى الخارجية مثل الأشعة المتأينة وأنواع أخرى من الكيماويات يمكن أن تحدث تغيراً فى الرسائل الوراثية. وهناك سبب آخر وهو وقوع أخطاء عندما يُنسخ جزئ الدنا (حمض ديؤكسى ريبوز النووى) الذى يحتوى على التعليمات الشفرية الوراثية للأبوين. والدنا ينسخ فى كل مرة تنقسم فيها الخلية وكلما تكاثر الكائن الحى. وتلك التغيرات سواء أكانت ناتجة عن القوى الخارجية مثل الأشعة أم عن الأخطاء الداخلية تسمى طفرات وهى أحد مصادر قابلية التباين الوراثى الحاسمة.

يضيف التكاثر الجنسى بعداً آخر لقابلية التباين الوراثى. فالجنس آلية ينشأ عنها تراكيب جديدة من الصور المغايرة الوراثية. والعملية مركبة لحد ما ولكن بعض التمييز المتعلق بها حين نعالج موضوع تطور وايكولوجيا الجنس سوف يعينك على فهمها. إن إعادة توزيع، أو بالمصطلح التقنى تأشيب، الصور المغايرة الوراثية يجرى خلال سلسلة معقدة من التغيرات التى تحدث فى الكروموسومات، وهى بنيات داخل الخلايا على شكل عصىّ صغيرة جداً أو شبه خيوط تحتوى على الدنا الخاص بكل خلية (ومن ثم الجينات التى يمكن تأملها بوصفها وحدات الوراثة - إنها رسائل الفرد داخل عدد هائل من التعليمات مشفَّرة فى الدنا). والكائنات الحية قد يكون لديها عدد كبير من الكروموسومات فى كل خلية (عند البشر ستة وأربعون كروموسوماً) كل منها يحوى آلاف الجينات.

من حيث الأساس تحتوى خلايا الغالبية العظمى من الكائنات الحية الراقية فيما عدا الخلايا المتخصصة جداً على مجموعتين من الكروموسومات ويقال عنها إنها مزدوجة الكروموسومات. وتتبع إحدى المجموعتين الأم وتتبع الأخرى الأب. وعندما تنقسم تلك الخلايا (أثناء النمو العادى أو إصلاح ضرر) يستنسخ الدنا فى الكروموسومات وينقسم كل كروموسوم طولياً إلى كروموسومين. يذهب أحد الكروموسومين الوليدين من كل زوج إلى إحدى الخليتين الوليدتين. وتعرف هذه العملية بالانقسام الميتوزى. وهى تكفل أن تكون كل خلية جديدة مزدوجة الكروموسومات، إنها تستقبل مجموعتين كاملتين من الكروموسومات وتستقبل بالتالى مجموعة كاملة من التعليمات الوراثية.

التكاثر الجنسى مختلف تماماً: تندمج خليتان (حيوان منوى وبويضة) وتتحد مجموعتاهما الكروموسوميتان. وبدون الاختزال المتكافئ فى عدد الكروموسومات يمكن لكل جيل أن يمتلك عدداً مضاعفاً من الكروموسومات بالنسبة للجيل السابق عليه. وما يطرأ هو عملية انقسام خاصة تجرى فى خلايا الأسلاف التى تنتج الحيوانات المنوية والبويضات، تنصّف عدد الكروموسومات وبذا يكون لدى كل حيوان منوى وبويضة نصف عدد الكروموسومات الموجودة فى خلايا الأسلاف المنتجة لهما. هذه العملية التى تسمى الانقسام الاختزالى (أو المنصّف -م) تغير العدد المزدوج للكروموسومات باختزاله للنصف وإلى ما يسمى العدد الأحادى للكروموسومات. وحين يندمج (حسب المفهوم) الحيوان المنوى والبويضة وكل منهما أحادى الكروموسومات يسترد عندئذ العدد المزدوج للكروموسومات.

رغم أنه من المناسب أن يسمّى الانقسام الميوزى "الانقسام الاختزالى" لأنه يتجنب تعاظم أعداد الكروموسومات إلا أن ذلك ليس وظيفته فقط. فهناك ميزة مهمة للانقسام الميوزى هى المناورة بين أزواج الكروموسومات التى يتكون كل منها من كروموسوم من أحد الأبوين حيث يستطيع طرفا كل زوج استبدال قطع فيما بينهما. وبالتالى يمكن للجينات الانتقال من أحد طرفى زوج من الكروموسومات إلى الطرف الآخر، وهو الأمر الذى لا يمكن حدوثه بغير الانقسام الميوزى. هذا الاستبدال للمادة الوراثية بين الكروموسومات التى تأتى من الأب والتى تأتى من الأم هو الأساس المادىّ لعملية التأشيب (إعادة الاتحاد). ونتيجة لتلك الاستبدالات فإن كل بويضة أو حيوان منوى يُنتج يحتوى على خليط من جينات الأم (البويضة) أو جينات الأب (الحيوان المنوى)، وإن كانت كل بويضة أو حيوان منوى يحمل مجموعة فردية فقط من الكروموسومات. وبينما تُعدّ الطفرة المصدر المهم لأبعد حد بالنسبة لقابلية التباين الوراثى فإن التأشيب بالنسبة له هو المصدر الفورى المهم لأقصى درجة والذى يسمح بوجود الانتخاب الطبيعى.

دعونا ننظر فى كيفية زيادة التكاثر الجنسىّ لقابلية التباين الوراثى الذى يجرى من خلاله الانتخاب. نفترض للحظة أن البشر تكاثروا لا جنسياً مثلما يفعل الكثير من الكائنات الحية. فباستثناء التطفر لن تنتج الأم ذات التركيب الوراثى الذى يجعلها زرقاء العينين مصابة بعمى الألوان وفصيلة دمها ب سوى بنات زرق العيون، مصابات بعمى الألوان وذوات فصيلة دم ب. وتنتج امرأة أخرى بنية العينين سليمة الإبصار وذات فصيلة دم أ بنات لها نفس مظهرها. لنفترض الآن أن العشيرة البشرية كانت مشكلة على وجه الحصر من إناث من هذين الطرازين، حينئذ يصبح نموذج واحد فقط من التكاثر المميّز ممكناً. ربما يزيد نسل أحد الطرازين عن الآخر ومن المحتمل أن يحل محله بصورة فعلية - ما لم يطرأ تطفر. إن الطفرة يمكن أن تنتج مثلاً أفراداً

زرق العيون إبصارهم سليم ومن فصيلة دم أ وقد تكون متفوقة على أفراد أى من الطرازين الآخرين أو كليهما معاً. لكن الطفرات أحداث نادرة جداً - يتطفر جين ما بصورة عادية على نسق المرة الواحدة فقط فى كل ١٠,٠٠٠ فرد أو أكثر ممن يحملونه. لهذا فإن انتظار وقت التطفر، لا سيما فى العشيرة الصغيرة نسبياً، لخلق كثير من التراكيب الوراثية الممكنة للون العين وعمى الألوان وفصائل الدم ربما يحتاج إلى مئات أو آلاف الأجيال.

ومن ناحية أخرى إذا استبدل نصف الإناث فى عشيرتنا المفترضة بالذكور - بمعنى آخر لو كان التكاثر الجنسى هو القاعدة فإن كل التراكيب الممكنة للخواص الثلاث سوف تظهر فى الجيلين الأولين علاوة على بعض الطرز الجديدة مثل أفراد ذات فصيلة دم أ ب. وكل التراكيب سيكون لديها قدرات تكاثرية مختلفة. إن المثال مبسط تبسيطاً شديداً لكن القاعدة مهمة. نفس الشيء سيكون موجوداً عند كل كائن حى آخر، فالعشيرة التى تتكاثر جنسياً ستحتوى على عدد كبير مختلف اختلافاً شديداً من التراكيب الوراثية عن العشيرة التى تتكاثر لا جنسياً.

ثمة نقطة أخرى مهمة يجب الإشارة إليها هنا وهى أنه على عكس بعض المعتقدات الدينية فإن الهدف من الجنس ليس التكاثر. وكما تبين دورات حياة عديدة من الكائنات الحية فإن التكاثر ترتيب عظيم أكثر سهولة بدون الجنس. فلو كان التكاثر لا جنسياً فلن توجد مشاكل البحث عن الأليف وتستطيع العشائر إنتاج كمية أكبر بكثير من الأفراد جميعها إناث تكرّس كل طاقاتها للتكاثر، كما أنها ليست مجبرة بالأحرى على تحويل بعض موارد العشيرة من أجل إنتاج ذكور "عديمة الجدوى" لا تنتج نسلاً. إن إحدى الوظائف المهمة للجنس فى كل الكائنات الحية هى التأشيب، ولكن فى كثير من الحيوانات بما فيها البشر يكون للجنس كذلك أشكال مختلفة من الوظائف الاجتماعية الإضافية. المسألة بالضبط هى لم يظل الجنس المطوَّر لغزاً رئيسياً فى نظرية التطور طالما أنه ليس واضحاً وضوح البلورة أن قابلية التباين الإضافية المتوفرة من التأشيب ذات فائدة تطورية صرفة، كما سنرى فى الفصل القادم.

يستطيع المرء النظر إلى الطفرة والتأشيب كعمليتين تحدثان تبايناً وراثياً، كما يستطيع النظر إلى الانتخاب كعملية لادخاره حيث يقلل عادة مقدار التباين عن طريق نبذ الخواص التى لا تساعد الفرد فى التغلب على مشكلات بيئته. لكن كثيراً ما تصبح قابلية التباين الوراثى الموجودة بالفعل فى عشيرة طبيعية موضوعاً للجدال المستمر - جدال مهم لفهم كيف يحدث التطور.

وراثيّو العشائر لهم رأيان متعارضان فى قابلية التباين الوراثى (من خلال مدرستين -م). المدرسة الفكرية الأولى والتى تتبع لحد ما الوراثىّ الكبير هـ.ج موللر (أول من بيّن أن الأشعة يمكن أن تسبب الطفرات وأول من توصل إلى أن معظم الطفرات الناتجة ضارة) تعتبر أن العشائر عموماً تتكون من أفراد لها تراكيب وراثية متماثلة مضفى عليها طابع قياسيّ - "الطراز البرى" (ويسمّى أيضاً الطراز الأصلى لأنه كان الطراز الموجود فى "البرّية" وليس بالأحرى فى المعمل). تنظر هذه المدرسة للطفرات بوصفها المتسببة فى الانحرافات بعيداً عن ذلك الطراز البرىّ، كما تنظر لها عموماً على أنها ضارة بالكائن الحى. والفكرة هى أن التغير العشوائى يغدو من غير المرجح أن يدخل تحسينات على النبات أو الحيوان أو الميكروب الذى كان يؤدى وظائفه فى الطبيعة من قبل على نحو مرض.

ينظر هؤلاء الوراثيون إلى الدور الرئيسى للانتخاب الطبيعى بوصفه مُزيلاً للأفراد المتطفرة من العشائر لكونها غير مرغوبة وضارة. وهم يظنون أنه المبدأ الوراثى الأساسى لإظهار التباين الضئيل فى معظم خصائص العشيرة. لاحظْ أنهم لا ينكرون فعالية الانتخاب الطبيعى فى نشوء الأسنان الحادة لأسماك القرش والصفات المغرية (بالنسبة للحشرات وناقلات حبوب اللقاح الأخرى) للأزهار ومعظم السمات الأخرى للكائنات الحية. وهم يعتقدون اعتقاداً جازماً أنه فى معظم العشائر وفى معظم الوقت تشترك الغالبية العظمى من الأفراد بصورة طاغية فى نفس الشفرة الجينية. ويظنون أن قابلية التباين نادرة نسبياً وأنها توجد فى الأصل عن طريق الاتزان بين نتاج الطفرات ونتاج التخلص منها بواسطة الانتخاب.

ثمة رأى مختلف بعض الشيء تعتنقه مدرسة (هى المدرسة الفكرية الثانية - م) مرتبطة باسم أحد التطوريين الكبار فى القرن العشرين هو ثيودوسياس دوبزانسكى الذى أمضى الكثير من مسيرته العلمية فى دراسة تباينات تركيب كروموسومات ذبابة الفاكهة. وتحسب هذه المدرسة أن الانتخاب يحافظ على مقدار كبير من التباين الوراثى فى العشائر، لأن مشايعيها يعتقدون أن الاحتفاظ بالتباين الوراثى فى حد ذاته يوفر ميزة تطورية. ويؤمنون بأن الميزة تتخذ عدة أشكال. أحدها أن امتلاك العشيرة لضروب مختلفة من الأفراد يتيح لها أن تتلاءم مع الوظائف الايكولوجية المختلفة بعض الشيء ويسمح بوجود عشيرة أكبر حجماً. وثمة شكل آخر هو أن التباين مفيد لأنه يتيح الفرصة للتطور السريع الضرورى لبقاء العشيرة حين تتغير البيئة.

حتى أواخر الستينيات ظلّ الخلاف بين مدرستى موللر ودوبزانسكى محتدماً بشكل لطيف جداً فى فراغ لأنه لم تكن هناك طريقة مناسبة لقياس مقدار قابلية التباين الوراثى فى عينة كبيرة من العشائر. ولكن فى أواخر الستينيات بدا وكأن المشكلة قد حلّت وبسرعة لأن تقنية لقياس مقدار التباين الوراثى أصبحت متاحة. وهذه التقنية تسمى التفريد الكهربى وهى مشروحة فى الملحق أ.

باستخدام تقنية التفريد الكهربى تمكن البيولوجيون من تحديد الاختلافات المتسبَّبة وراثياً فى بروتينات أى كائن حى تقريباً، وقد وفر ذلك فرصة غير عادية لتحليل قابلية التباين الوراثى فى العشائر. وأظهرت معظم العشائر التى درست بتلك التقنية درجة عالية من تعدد الأشكال الوراثى – وهو وجود أفراد تختلف فى أنواع المعلومات الوراثية التى تحملها (مثل أن ينتج جينان لونين مختلفين للعيون أو صورتين مختلفتين لبروتين خاص). وهكذا بحلول عام ١٩٧٠ بدا رأى مدرسة دوبزانسكى مدعوماً. فقد كان هناك قدر من التباين الوراثى فى العشائر الطبيعية – والأكثر من ذلك أنه أمكن حساب ما إذا كان معظمها مكوناً من أفراد ذات طرز برىّ وأن الانتخاب كان "مُطهّراً" على نطاق واسع، بمعنى أنه مزيل للطفرات الضارة. فالانتخاب مجبر على تفضيل تعدد الأشكال الوراثى.

أكان الأمر كذلك؟ لقد شنت مدرسة موللر هجوماً معاكساً. وتحت قيادة الوراثىّ اليابانى موتوكيمورا (وكان موللر قد توفى) قُدّم افتراض جديد: معظم التباين الظاهر فى أبحاث البروتين ليس له دلالة بيولوجية. فالبروتينات التى فحصت كانت أصلاً إنزيمات – وهى العوامل المساعدة البيولوجية التى تلعب أدواراً حاسمة فى الأداء الوظيفى لجميع الكائنات الحية. وزعمت هذه المدرسة "المحايدة" أنه فى معظم الحالات أحدثت التغيرات الطفيفة فى الإنزيمات والمتبدية فى تقنية التفريد الكهربى اختلافاً طفيفاً فى أدائها الوظيفى أو لم تحدث أى اختلاف. ومن ثم فالانتخاب لا يمكن أن يكون قد جرى بينها ولا يمكن أن يوجد تكاثر مميّز بين التراكيب الوراثية المختلفة لأن الكائنات الحية التى تمتلكها كان لها نفس الأداء الوظيفى. ولذا كان هناك قدر من التباين غير أنه لم يكن يعنى أى شيء . فالأفراد المختلفون وراثياً أنتج جميعهم نفس المظهر البرىّ، وظل الدور الرئيسى للانتخاب هو استمرار التخلص من الطفرات القليلة نسبياً التى غيّرت الإنزيمات بدرجة تكفى للتأثير على مظهر الكائن الحىّ تأثيراً ذا مغزى.

كما يتوقع المرء أجاب "الانتخابيون" أن الأمر لم يكن كذلك وادعوا أن الغالبية العظمى من التغيرات فى الإنزيمات أثرت على الأداء الوظيفى لها بدرجة تكفى لتغيير المظهر والسماح بحدوث الانتخاب. وقام كل من "المحايدين" و"الانتخابيين" بسلاسل طويلة من الأبحاث التى تحاول تحديد أىّ الرأيين صحيح.

إن العثور على الإجابة مهم عند الايكولوجيين وبيولوجييّ التطور على السواء. فمثلاً كان أحد أهدافى الرئيسية حين بدأت العمل على الفراشات الشطرنجية أن أدرس بيئتها وتطورها معاً وأن أفهم، على سبيل المثال، كيف أثرت تغيرات أحجام العشائر فى خصائصها الوراثية والعكس بالعكس. وبدا أن تقنيات التفريد الكهربى فتحت الباب أخيراً لدراسة عينة معقولة من القدرة الوراثية فى الفراشات. ربما أصبحنا قادرين

على الإجابة عن أسئلة مثل: هل يقل التباين الوراثى بشدة حين يتقلص حجم العشيرة؟. وهكذا حالما حوّرنا تقنيات التفريد الكهربى للعمل على الفراشات (وكان ذلك نضالاً طويلاً بكل معنى الكلمة) بدأت مجموعتنا فحص التباين الإنزيميّ فى فراشات إيديث الشطرنجية.

سرعان ما زعم المحايدون حينئذ أن التباين الذى كنا ندرسه بلا معنى وسواء أكان ذلك صحيحاً أم لا فقد احتجنا لمعرفة إجابة معقولة عن جدال المحايدين قبل أن نستطيع تقديم تفسير تام لمعلوماتنا. ولسوء الحظ رغم الجهود الهائلة للكثير من بيولوجييّ العشائر لم يتم التوصل إلى حل مقنع للمشكلة. وإن رغبت فى معرفة قدراً إضافياً ضئيلاً عن كيفية تناول الموضوع يمكنك الرجوع إلى بعض التفاصيل فى الملحق ب.

فى غضون ذلك كان الافتقار إلى حلّ للمشكلة يعنى أن مجموعة بحثنا مواجهة فى الواقع بمعضلة علمية شائعة. ما هو الجهد الذى ينبغى أن يُبذل فى مشكلة مهمة بل الواضح أنها عسيرة الحل؟ متى ينبغى أن تكف عن طرح العملة الجيدة بعد العملة الرديئة، ومتى ينبغى أن تخفض خسائرك وأن توجه بحثك وجهة جديدة؟ إن جدال المحايدين رئيسيّ بالنسبة لبعض القضايا الأكثر أهمية فى بيولوجيا العشائر ولكن يبدو وكأن نوعاً ما من التقدم المعرفى المتعلق بالمفاهيم كان مطلوباً لكى ينتهى ذلك الجدال بصورة مرضية خلال فترة مشروع بحثنا. وإن كان الأمل فى التقدم المعرفى قائماً دوماً.

على سبيل المثال منحتنا الانقراضات الحديثة فى مختلف عشائر فراشات ايوفايدراس ايديثا أثناء الجفاف الذى حدث فى كاليفورنيا فى منتصف السبعينيات فرصة عمل اختبار فريد عما تراه فرضية المحايدين بالنسبة للفراشات الشطرنجية. فقد قمنا بنقل الفراشات إلى المعمل واستخدمناها لإعادة تأسيس عشائر فى مناطق كانت قد انقرضت فيها. وكان لدى المستعمرين (الفراش المنقول – م) الذين استخدمناهم تكرارات لصور مغايرة إنزيمية مختلفة تماماً عن تلك التى كانت موجودة أصلاً فى العشائر المنقرضة حديثاً. فلو نجحت تجارب إعادة التعمير وتأسست عشائر جديدة كنا سنرصد ما يحدث للتكرارات من الصور المغايرة الإنزيمية. فإن تغيرت فى اتجاه التكرارات السابقة عليها عبر عدة أجيال فإن ذلك سيكون دليلاً قوياً على أن الانتخاب فى حالة نشاط. ويعنى هذا أن الظروف البيئية فى موقع العشيرة تفضل تكراراً بعينه من الصور المغايرة الإنزيمية وأن الانتخاب يستطيع تحديد الفروق بين الإنزيمات. وإن لم تتغير التكرارات فى ذلك الاتجاه تتعزز فرضية المحايدين.

لسوء الحظ تحتاج تلك التجارب لوقت طويل كى تعطى النتائج – إننا ننتظر عادة عامين على الأقل حتى نتأكد من انقراض العشيرة ولابد أن ننتظر بعدئذ عدة سنوات بعد محاولة إعادة التعمير حتى تصبح العشيرة كبيرة بدرجة كافية تسمح لنا باستبعاد عينة ملائمة من الأفراد من أجل التحليلات الوراثية. والعمل هنا معملى أيضاً بدرجة كبيرة. فقبل إعادة التعمير يجب نقل اليرقات الناتجة عن تزاوجات عديدة كى تدخل دور السكون المؤقت فى المعمل. وبعدئذ تُختار من بينها المستعمرات ذات التكرارات الخاصة من الصور المغايرة الإنزيمية (على أساس التكرارات فى أبوى اليرقة اللذين خضعا لتقنية التفريد الكهربى) ولكننا دبّرنا أمورنا على أن نبدأ التجارب فى موقعين مختلفين حيث انقرضت العشائر، ويبدو كما لو أن المرء قد توصل بنجاح إلى أن العشيرة كان يعاد تأسيسها. بالطبع قد تكون النتائج لحسن حظنا مبهجة – فمثلاً قد يتراجع تكرار أحد الصور المغايرة الإنزيمية إلى المستوى السابق للعشيرة وتتقلّب تكرارات صور مغايرة إنزيمية أخرى بشكل عشوائى.

الصعوبة المتعلقة بجدال المحايدين هى إحدى الصعوبات التى نلاقيها كثيراً فى علم البيئة: فالتوصل إلى إجابات فى منظومة واحدة (نوع أو مجتمع أو نظام بيئى) ليس كافياً. إن المسألة ليست ما إذا كانت الأشياء تحدث بطريقة ما أو بأخرى بل كيف تحدث بكل طريقة فى معظم الأحيان. كيف يجرى الانتخاب فى أوقات قصيرة وبقوة بين الصور المغايرة الإنزيمية؟ ما هو الجزء من العشائر الذى يحكم بنظام الكثافة العددية – المورد التابع؟ وبناء عليه يواجه الايكولوجيون فى أحوال كثيرة بأسئلة جادة حول عملهم القائم على عينات من الطبيعة. فمثلاً تؤكد النظرية الوراثية للعشيرة أن المقادير الصغيرة جداً نسبياً من الانتخاب والتى حدثت خلال الزمن الجيولوجى الضخم يمكن أن تكون مسئولة عن كل التطور الملاحظ. ولكن النظرية لا تخبرنا أى الضغوط الانتخابية يكون ضعيفاً وثابتاً على وجه العموم وأيها مثلاً كان بالإمكان أن يغدو قوياً جداً غير أنه متقطع. إننا فى حاجة لاكتشاف كيف يجرى الانتخاب فى تشكيلة واسعة من الكائنات الحية، وبذا نستطيع فهم لماذا يكون فى كثير من الحالات قوياً ولماذا يكون فى كثير من الحالات أيضاً ضعيفاً.

لنتأمل ما هو معروف عن ضغوط الانتخاب فى العشائر الطبيعية. المثال الأكثر شهرة فى المقدار الضئيل نسبياً من الحالات التى درست تماماً هو الفراشة المرقشة (بستون بتيولاريا) فى إنجلترا. فى بدايات القرن الماضى كان كل أفراد نوع هذه الفراشة مرقشاً بمعنى أنهم ذوو مظهر مرقش يموههم حين يحطون فوق جذوع الأشجار المغطاة بالأشن. لكن بحلول نهاية القرن تألفت عشائر الفراشة المرقشة فى معظم إنجلترا لحد كبير من أفراد داكنة اللون جداً (سوداء).

هذا التغير حدث تدريجياً وكان مواكباً لتصنيع البلاد. ووُجدت العشائر السوداء فى المناطق التى قتل فيها التلوث الناتج عن الفحم المحترق الأشنات ولوّن جذوع الأشجار باللون الأسود. وبسلسلة من التجارب القيمة أثبت الراحل برنارد كيتلول الطبيب والبيولوجى البريطانى أن الانتخاب الطبيعى هو الذى أحدث التغير.

تضمنت التجارب المثيرة لأبعد حد أماكن حطّ الفراشات من كلا الطرزين فوق الأشجار فى المناطق الملوثة وغير الملوثة وتصوير ما حدث فوتوغرافياً. والأفلام الملتقطة تظهر الانتخاب الطبيعى فى حالة نشاط، وتهز مشاهدتها أى شخص مهموم بالتطور. وفوق جذع شجرة مُسودّ تحتشد الطيور فى المشهد وتشق طريقها إلى أعلى وإلى أسفل ملتهمة الفراشات المرقشة ومتجنبة الفراشات السوداء. وفوق الجذوع المغطاة بالأشن يحدث العكس، تتجنب الطيور الفراشات المرقشة وتأكل الفراشات السوداء. إن الافتراس المميّز المفضى إلى البقاء المميّز (وبالتالى إلى التكاثر المميّز) لطرزى الفراشات بيّن بوضوح أنه العامل الرئيسى فى ظهور ما أصبح يعرف باسم السواد الصناعى. لقد أقيم الدليل فى ميدان البحث عن الضغط القوى للانتخاب.

منذ ثلاثين عاماً حين كنت طالب بحث فيما بعد الدكتوراه مع جوزيف كامين فى أكاديمية شيكاغو للعلوم انهمكت فى دراسات أخرى ميدانية قليلة لم تجر من قبل عن الانتخاب. فرغم أننا فى ذلك الوقت كنا نعمل فى انتقال مرض شبيه بالملاريا عند الثعابين عن طريق حلَم الثعبان اتجه انتباهنا نحو لغز ليس له علاقة بالموضوع. واستلزم جزء من مشروعنا جمع ثعابين الماء من جزيرة فى بحيرة إرى (ليك إرى) لاستخدامها كحيوانات تجارب فى دراسة المرض. وكانت معظم عشائر ثعابين الماء متآلفة بالكامل من أفراد مخططة غير أن عشائر ثعبان الجزيرة كانت بها نسبة عالية من الثعابين غير المخططة.

حين ألقينا نظرة قريبة على الموقع اكتشفنا وجود نسبة أعلى بكثير من الأفراد المخططة بين المواليد الجدد عنها فى الثعابين البالغة. ولكن الثعابين الصغيرة المخططة تبحر بعيداً تماماً عن صخور الحجر الجيرى الرمادى غير اللامع لشاطئ الجزيرة، وتبقى الأفراد غير المخططة حيث من الصعب أن تُرى. وقد أقنعنا هذا علاوة على دليل آخر أن المفترسات (التى تعتمد على الرؤية فى اصطيادها للفريسة) ومن المحتمل أنها نوارس البحر كانت تهاجم الثعابين الصغيرة المخططة أكثر من مهاجمتها للثعابين غير المخططة. وباستمرار هجرة الثعابين المخططة بعيداً عن الجزء الصخرى من الشاطئ أمكن المحافظة على ألا تصبح عشائر ثعبان جزيرة بحيرة إرى كلها غير مخططة. إن الانتخاب القوى والهجرة اللذين كانا يعملان فى اتجاهين متضادين خلقا موقعاً أمكن رؤية التطور فيه فى وضع نشاط.

فى حالة أخرى مشهورة فُهم أن القواقع البرية ذات الأصداف المختلفة الطراز والألوان مرتبطة بمواطن مختلفة – فمثلاً وجد كثير من القواقع ذات الأصداف المطوقة فى عشب المراعى المشذّب بدرجة أكبر مما وجد فى الأرض المكسوة بالعشب القصير حيث تسود الأصداف غير المطوقة. وإثبات أن الافتراس المميّز كان مسئولاً عن ذلك الارتباط تيسّر بفعل عادات طيور الدّج التى تلتهم القواقع. فالطيور كانت تحطم أصداف فرائسها فوق صخور مفضلة سميت "سنادين الدج". وحول السنادين تتراكم عينة من أصداف الأفراد التى عثرت عليها الطيور وأكلتها. وبمقارنة نسب الطرز المختلفة عند السنادين بطرز عشيرة القواقع ككل أظهر عالمان بريطانيان هما أ.ج. كين، ب.م. شيبارد أن القواقع التى تم التهامها من جانب الطيور المفترسة لم تكن عينة عشوائية من العشيرة. وكمثال فالطيور التى كانت تجوب موطناً ما بحثاً عن القواقع كان من المرجح بدرجة أكبر أن تعثر على أفراد مطوقة وتلتهمها أكثر من عثورها على أفراد غير مطوقة، ونتيجة لذلك تفوقت الأخيرة من حيث العدد فى مستعمرة القواقع هذه. من جديد عُثر على انتخاب أثناء حدوثه.

يظل السؤال: إلى أى مدى تغدو نموذجية الضغوط الانتخابية القوية التى أُميط اللثام عنها فى هذين المثالين وفى الأمثلة القليلة لدراسات أخرى؟ يستطيع المرء أن يستنتج من الدراسات التى أجريت أن التطور حدث فى خط متعرج تحت تأثير انتخاب قوى يتعقب بيئة فى حالة تغير دائم. بمعنى آخر: إن الانتخاب القوى الذى يجرى فى اتجاهات مختلفة وفى أوقات مختلفة يستطيع عبر فترات طويلة أن يقدم نواتج تطور لا يمكن تمييزها عن تلك التى يقدمها انتخاب ضعيف مستديم يجرى فى اتجاه واحد.

لكن السؤال لا يمكن أن يجاب عنه حتى الآن لأن عينات الدراسات على الانتخاب فى الطبيعة منحازة بوضوح لتلك التى جذبت بها عملية الانتخاب القوى انتباه الباحثين. ولفهم الطبيعة ككل نحتاج إلى تجنب ذلك الانحياز. والواقع أن مجموعة عملنا على الفراشات الشطرنجية كان مخططاً لها بكل وضوح أن تكون أحد العناصر فى عملية أكبر لأخذ واختبار العينات. ففراشات جاسبر ريدج الشطرنجية لم تكن تفعل ما من شأنه جذب اهتمام باحث عندما بدأت دراساتى، وكان ذلك هو السبب الوحيد لرغبتى فى دراستها(*) .

ناقشت فقط وحتى الآن أمثلة على التغيرات التطورية داخل العشائر: عشائر ذباب الفاكهة التى تصبح مقاومة للمبيدات الحشرية، أو عشيرة الفراشة المرقشة فى الجزء الداخلى الصناعى من إنجلترا والتى تتحول من أفراد معظمها مرقش إلى أفراد

---

( * ) إن مشكلة أخذ العينات واختبارها توجد فى ديناميات العشيرة وفى الخصائص الوراثية للعشيرة أيضاً. وقد أجرى الكثير جداً من البحث على العشائر الكبيرة عنه على العشائر الصغيرة. وهذا طبيعى تماماً طالما أن كلا من الحشرات الضارة التى نرغب فى القضاء على عشائرها والكائنات الحية ذات القيمة الاقتصادية (مثل الأسماك المستغلة تجارياً) التى نرغب فى استغلالها تميل إلى الوجود فى عشائر كبيرة. ولكن معظم العشائر الطبيعية يكون صغيراً وربما تكون ديناميات‌ها مختلفة تماماً عن ديناميات العشائر الكبيرة.

معظمها أسود. وهذا بالطبع وجه مهم جداً من التطور. ولكن بالنسبة للايكولوجيين هناك وجه آخر مساوٍ في الأهمية – هو العملية التنويعية للتطور، وتمايز العشائر إلى أنواع جديدة أو ما هو معروف عموماً باسم تشكل الأنواع. فرغم كل شئ لو لم توجد وسائل تستطيع شجرة الحياة أن تتفرع بواسطتها لكان العالم بكامله مغطّى بمادة وحيدة غروية حية متطورة لأبعد حدّ. وبديلاً عن ذلك يواجه الايكولوجيون اليوم بعدد كبير مختلف بشدة من الأنواع ربما يربو على ٣٠ مليون نوعٍ مختلفٍ من الكائنات الحية. ما هو تفسير هذا التنوع الهائل؟

الإجابة الرئيسية يمكن العثور عليها في تنوع الظروف الطبيعية فوق الكوكب. فما هو مستساغ لفراشة ليس مستساغاً لبرنقيل رقبة الأوزة. إنها تنميّ نوعاً مختلفاً للغاية من الكائنات الحية من أجل الطيران في الهواء عن ذلك الذي يتعلق بصخرة في بحر. إن البيئات الطبيعية المختلفة تفرض ضغوط انتخاب مختلفة. ومثلما نرى التطور يغيّر عشيرة واحدة فإننا نراه يتسبب كذلك في أن تصبح العشيرة عشيرتين مختلفتين تمام الاختلاف.

وعلى سبيل المثال فإن التطور الناجم عن السواد الصناعي ميَّز العشائر الخاضعة لبيئة ملوثة بشدة عن العشائر الأخرى التي لم تكن خاضعة لتلك البيئة. إن الفراشات المرقشة في الجزء الداخلي من بريطانيا أصبحت مختلفة تماماً عن الفراشات المرقشة في مناطق أخرى من البلاد غير ملوثة نسبياً. ويعتقد معظم التطوريين أن العشيرتين الموجودتين في منطقتين مختلفتين، اللتين تستجيبان في نهاية الأمر لقوى بيئية مختلفة مثلما فعلت الفراشات المرقشة، يمكن أن تقودهما تلك القوى البيئية للتطور إلى نوعين منفصلين.

كيف نعرف أننا أصبحنا أمام نوعين مختلفين وليس بالأحرى أمام عشيرتين مختلفتين من نفس النوع؟ من المتفق عليه عموماً أن العشيرتين المتمايزتين أ، ب يوصفان بأنهما نوعان منفصلان حين لا تستطيع أفراد العشيرة أ التزاوج بنجاح مع أفراد الجنس الآخر من العشيرة ب. لكن كيف تنشأ عدم القابلية للتزاوج؟

الإجابة باختصار أن الظروف الطبيعية المختلفة تُخضع العشائر المعزولة عن بعضها البعض في مناطق مختلفة لضغوط انتخاب مختلفة ويفضي ذلك بدوره إلى أن تصبح العشائر مختلفة وراثياً تمام الاختلاف. وبقدر ما تصبح الكائنات الحية في مناطق مختلفة أقل فأقل تشابهاً بقدر ما تصبح المجتمعات التي تشكل جزءاً منها مختلفة تلقائياً أكثر فأكثر. إن الاختلافات في المجتمعات البيولوجية تتغذى استرجاعياً على عملية تشكّل الأنواع بجعل البيئات متميزة بصورة أكبر (تذكر أن كل الكائنات الحية المتطورة في مجتمع ما هي جزء من إحدى البيئات الأخرى).

تصبح العشائر المنفصلة آخر الأمر مختلفة تماماً ولا تكون قادرة بعد ذلك على التزاوج فيما بينها، وتتخذ طرقها الخاصة فى التطور حتى وإن جاءت فيما بعد لتحتل نفس المنطقة من جديد. إن أيّا من عدة عوامل مختلفة قد يكون مسئولاً عن فقد العشائر لقدرتها على التزاوج مع بعضها البعض. وكمثال قد تتغير إشارات الغزل المستخدمة لحد عدم استجابة أفراد العشائر المتمايزة كل للآخر. أو أن تغدو الشفرات الوراثية بكاملها للعشيرتين مختلفة تمام الاختلاف لدرجة تصبح معها الأفراد الهجائن عقيمة (مثل البغال) أو تكون غير قابلة للحياة والنمو (تموت الأفراد الهجائن قبل النضج).

إن التأكيد على الانفصال الجغرافى كشرط أساسى من أجل تشكل الأنواع معلومة قديمة. فمنذ نشْر كتاب داروين "أصل الأنواع"اعتبر تمايز طائر منحدر من أسلاف فى أمريكا الجنوبية إلى عدد كبير من الأنواع تسمى عصافير داروين فوق جزر الجالاباجوس المختلفة، اعتبر هذا حالة كلاسيكية لتشكل الأنواع الناتج عن الانعزال. وفى عام ١٩٠٤ صاغ عالم الطيور الأمريكى الكبير جوزيف جرينيل المبدأ الأساسى بوضوح: "إن الانعزال، إما بفعل الحواجز أو عن طريق مسافة كافية إلى ما هو أكثر من التوارث المعادل من النوع المضاد، هو ما يبدو لى أنه الظرف الضرورى بصورة مطلقة لتمايز نوعين، على الأقل من الطيور".

عملية تشكل الأنواع أصعب من أن تُلاحظ لحد أكبر بكثير من التطور البسيط داخل العشائر، وذلك لأنها تستغرق وقتاً أطول عادة. ويفكر التطوريون بلغة عشرات أو مئات الألوف من الأجيال حين يتحدثون عن تميز نوع واحد إلى نوعين وليدين أو أكثر (ورغم ذلك يمكن أن تمضى الأمور أسرع أو أقل من هذا بكثير استناداً إلى عوامل مختلفة). وبالتالى فالدليل الأفضل على أن تشكل الأنواع يحدث كما وصف تقريباً لا يأتى من المشاهدات الفعلية لتحول النوع أ إلى النوعين ب، ج بل يأتى بالأحرى من حالة التنوع العضوى فى الوقت الحاضر.

إن الايكولوجيا هى مفتاح تشكل الأنواع. ويتوافر دليل على أن المواقع البيئية المختلفة تجعل العشائر الموجودة فى مناطق جغرافية مختلفة تطوّر سمات مميزة مختلفة. والاختلاف الجغرافى ضمن حدود النوع موجود فى كل مكان وفى جميع الأوقات فى النباتات والحيوانات على السواء. فالشعوب الأصلية فى ألاسكا وأوربا والهند وأفريقيا تختلف فى مدى واسع من السمات المميزة كما هو حال عشائر فراشات الخليج الشطرنجية فى ساحل كاليفورنيا الخارجى وساحل كاليفورنيا الداخلى وسفوح تلال جبال سييرا وقمم جبال سييرا. وكل تلك العشائر تعيش فى مواطن مختلفة بالقطع.

وفى حين يوجد قدر كبير من التباين داخل النوع فإن أشكال التباين بين الأنواع تكون متسمة عادة بوجود فجوات واسعة. ولنأخذ مثالاً واضحاً: البشر وفراشات الخليج الشطرنجية كلاهما متباين جغرافياً ولكن ليس ثمة تداخل بين تباينهما - فلا توجد فراشات شطرنجية يظن أنها بشر والعكس صحيح - ولا يوجد من يتساءل عن تحددهما. إن البشر وفراشات الخليج الشطرنجية نوعان مختلفان من الكائنات الحية حسب أى تعريف.

غير أن الأمور ليست دقيقة دائماً لهذا الحد - إذ يمكن أن يوجد طيف كامل من درجات التباين بين العشائر. وهناك عدد كبير من الأمثلة عن عشائر تمايزت بفعل تكرارات عدد قليل من الجينات. وعشائر حكر جاسبر ريدج وجبال سييرا شبيهة بتلك الأمثلة. وتمايزت عشائر أنواع أخرى بدرجة ما بحيث أصبح بالإمكان أن تعتبر أو لا تعتبر أنواعاً منفصلة. والمثال الأخير نجده فى حالة الدب الأوربى البنى ودب ألاسكا البنى والدب الرمادى. وقد اعتبر علماء التصنيف الأوائل كلا منهم نوعاً محدداً غير أن علماء التصنيف الآن يعتقدون أنه ينبغى اعتبارهم نوعاً واحداً. وتبقى عشائر أخرى تمايزت لدرجة أصبح من المتفق عليه عموماً أنها عشائر منفصلة ولكنها ظلت تتهاجن (تتزاوج وتنتج نسلاً) مع بعضها البعض بسهولة تامة. والمثال المشهور عن الحيوانات التى وصلت بالكاد لوضع الأنواع المنفصلة هو الكلب الأليف والقيُّوط (ذئب صغير من شمال أمريكا - م) اللذان يتهاجنان أحياناً لإنتاج "الكلب القيُّوطى". وفى الفراشات الشطرنجية للولايات المتحدة الغربية يمكن التعرف بالفعل على كل درجة من درجات "عشائر يتعذر تمييزها عن بعضها" إلى "أنواع متميزة".

بيت القصيد أن الطبيعة تقدم اليوم "بياناً حياً" للعملية المتواصلة التى تتطابق مع فكرة أن تمايز العشائر المعزولة جغرافياً هو الآلية الشائعة لتشكل الأنواع. وفى كل أنحاء العالم وفى كل مجموعات الكائنات الحية "تُلفت الانتباه" فى ذلك البيان الحى عشائر لديها كل درجة يمكن تصورها من درجات التمايز.

لا يعنى ذلك أن كل العلماء مجمعون على كيفية حدوث هذا التنوع العضوى. فبعض التطوريين يعتقدون أن عشائر الكائنات الحية يمكن أن تتشعب بدون العزلة الجغرافية. كما أنه لم تحسم بعد مسألة ما إذا كانت الهجرة المهملة بين عشيرتين معزولتين مهمة بدرجة أكبر فى التمايز عن تعرضهما لضغوط انتخاب مختلفة. وهذه المسألة مثلها مثل جدال المحايدين تثبت أنها معضلة عسيرة الحل طالما أنه من الصعوبة بمكان قياس أيٍ من الهجرة أو الانتخاب فى المواقع الطبيعية.

بالنسبة للايكولوجيين ربما يكون الجدال المهم لأبعد حد حول تشكل الأنواع فى الوقت الحالى محصوراً فى معدّل حدوثه فى الطبيعة - أو بدقة أكثر محصوراً فى توزيع المعدلات على الزمن. فمنذ عصر داروين ومعظم التطوريين يعتقدون أن تشكل الأنواع جرى ويجرى على نحو رشيق أكثر ثباتاً وبالتدريج طوال تاريخ الحياة. ومؤخراً تحدت هذه الفكرة مجموعة من الأحفوريين بقيادة ستيفين جاى جولد بجامعة هارفارد ونايلز ايلدريدج بالمتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي. إن ستيف، الذى نال إعجاباً على نطاق واسع بسبب مقالاته المتألقة التى تفسر العلم للناس العاديين فى مجلة نيتشرال هيستورى (التاريخ الطبيعى) هو كذلك عالم مهيب. ويفسّر هو وزملاؤه السجل الحفرى بوصفه إشارة إلى أن معظم تشكل الأنواع يتركز فى فترات قصيرة نسبياً من تاريخ الحياة، وأنه فيما بين تلك الفترات توجد عصور طويلة من الركود التطورى تتغير الأنواع فيها قليلاً ولكنها لا تتشعب إلى أنواع إضافية. وعلى هذا فبالنسبة لجولد وايلدريدج وبعض الآخرين توقفت مسارات التطور المنوّع معظم الوقت تقريباً، وهى تواصل تقدمها فى نوبات قصيرة للغاية بين عصور الركود الطويلة. ويتضمن هذا أن ظروفاً ايكولوجية خاصة يجب أن توجد بصورة دورية لتشجع على التنوع - وبما أن التنوع يبدو متواصلاً الآن بمعدل سريع فإن ذلك يعنى أننا فى عصر غير عادى من الوجهة الايكولوجية.

وفضلاً عن ذلك يميّز جولد وزملاؤه بدقة عمليات التطور المحلّى - مثل التغيرات الوراثية القليلة داخل العشائر على امتداد فترات زمنية قصيرة على غرار اسوداد الفراشات المرقشة - عن عمليات التطور واسع النطاق والتغيرات الكبيرة خلال الزمن الجيولوجى مثل تطور الحصان الحديث من أسلافه التى كان حجمها كحجم الكلب. ويميل التطوريون التقليديون إلى النظر فى عمليات التطور واسع النطاق بوصفها نتيجة تراكمية لعمليات تطور محلّى متواصل لفترات طويلة. ويستشهد جولد والأحفورىّ ستيفين ستانلى وآخرون بآليات إضافية لم تكن تعمل أثناء التغيرات فى العشائر لتفسير اتجاهات التطور واسع النطاق. وأحد هذه الآليات هو الانتخاب الذى يجرى بين الأنواع (البقاء غير العشوائى المميّز للنوع بكامله).

إن رأى جولد وزملائه أصبح معروفاً باسم نظرية الاتزانات المرقّمة. وقد وصفها أحد التطوريين التقليديين مؤكداً أنه لا يقصد بذلك أىّ تجريح أنها "التطور بالارتعاشات". وكانت الإجابة المعقولة من التطوريين التقليديين، الذين يسمون الآن التدرجيون، على الترقيميين أن نظرية التطور التقليدية اعترفت دائماً بإمكانية وجود اختلافات كبيرة فى معدلات تشكل الأنواع بين مجموعة وأخرى وبين زمن وآخر.

ما هى النظرية الصحيحة إذن؟ بما أن نظرية التطور نظرية جامعة وراسخة لأبعد مدى فثمة استعداد عند بعض التطوريين (وأنا من بينهم) لمساندة أفكار غير تقليدية مثل نظرية الاتزانات المرقمة. وإن كان من البديهى أنه لا ضمان لصحة غير التقليدى فى العلم. وبالقياس إلى أيٍّ من جاليليو أو داروين اللذين حطّما النموذج التقليدى هناك العشرات من أمثال فيليكوفسكى أو ما هو أسوأ. ومع هذا فحين يختلف علماء جادون موهوبون محترمون مع فكرة معتنقة على نطاق واسع فإنهم قد يكونوا مخطئين. وعلى سبيل المثال فإن التحدى العنيد لنظرية تشكل الأنواع التقليدية من جانب بعض العلماء الذين يعتقدون أنه فى حالات كثيرة قد يحدث التنوع بدون الانعزال، هذا التحدى يترك المعتقد التقليدى سليماً حتى الآن. إن الدليل المقنع على الحدوث الدائم لتشكل الأنواع بغير الانعزال لم يتأسس بعد (وهذا ينطبق على الحيوانات فقط لأنه من المعروف أن التنوع بدون الانعزال والمتضمن تغيرات كروموسومية يحدث فى النباتات عموماً).

إن المحلفين ليسوا أصحاب سلطة فى جدال نظرية الاتزانات المرقمة. ذلك أن "البيان الحىّ" للتمايز الذى نراه اليوم والذى يبدو موحياً بكل أطوار التمايز لا يسجل بالضرورة نصراً للتدرجيين. قد نكون كما أشرت سابقاً فى قلب أحد عصور التشكل السريع للأنواع. وليس من العدل أن نقبل دون اعتراض فكرة الترقيميين ضمن حدود المعتقد التدرجىّ التقليدى لأن إمكانية التشكل السريع للأنواع اعتبرت دائماً جانباً من ذلك المعتقد. إن فكرة الترقيميين هى عن نماذج قائمة وليست عما هو محتمل – وهى تمثل تحدّياً أصيلاً لأحد المعتقدات المعتنقة على نطاق واسع فى نظرية التطور.

هناك بالطبع مساحات عديدة لا يتفق فيها البيولوجيون التطوريون بالنسبة لآليات التطور. وكيفما كان الأمر ولسوء الحظ أن هذه الخلافات الصحيحة حول تفاصيل العملية تثار كلها فى كثير من الحالات من جانب مبدعين كتعبير عن الشك الجاد بين علماء ذوى معرفة حول ما إذا كان التطور قد حدث فعلاً أم لا. لا شئ أبعد من الحقيقة. إن مقدّراتى وخلفيتى العلمية تميلان لجعلى تدرُّجيًّا (حتى وإن تمنيت النجاح للأفكار الخارجة على الإجماع)، أمَّا ستيف جولد فهو ترقيمىّ واضح. ذات يوم تقابلنا لأول مرة فى برنامج إذاعى قضى كل منا معظم الوقت المخصص له فيه فى إقناع الناس بأنه ليس ثمة شك على الإطلاق فى حدوث التطور وأن الانتخاب الطبيعى عامل رئيسى فى عملية التطور. إن الخلافات حول نظرية التطور بين ستيف وبينى من ناحية، وبينى وبينه كـ"عالم مبدع" من ناحية أخرى هى تقريباً من نفس نوع الخلافات حول الحقوق المدنية بين ديموقراطى ليبرالى وديموقراطى وسطىّ من ناحية، وبين ديموقراطى ليبرالى ومؤمن بالحق الإلهى للملوك من ناحية أخرى.

الفصل الثالث

# الجنس والمجتمعات

## الإيكولوجيا السلوكية

تحت التربة الرملية التي لفحتها الشمس في كينيا والقرن الأفريقي تعيش مستعمرات من فئران الخُلْد العارية قد تكون الأكثر غرابة بين كل الثدييات. وهي بالفعل كائنات عديمة الشعر ذات جلد مجعّد قرنفلي اللون وقواطع بارزة. وبطولها الذي يصل حده الأقصى لخمس بوصات تشبه بصورة لافتة جنيناً غير مكتمل أو مولوداً حديث الولادة ناقص النمو. والحق أنها مثيرة للاشمئزاز، غير أن مظهرها ليس أغرب صفاتها.

تعمل فئران الخلد العارية في مجموعات لشق مئات الياردات من الجحور. فيشتغل أحد الفئران عند نهاية الجحر حيث يمضغ التربة بقواطعه. ويركل بعدئذ التراب الرخو إلى الفأر الذي يليه. ويعود هذا إلى الوراء على امتداد الجحر راكلاً التراب أثناء عودته بقدميه الخلفيتين وأخيراً يراكمه في فرع جانبي ليصبح فأر آخر مسئولاً عن ركله إلى الخارج حتى السطح. وفي غضون ذلك يعود الفأر الذي تخلص من حمولته إلى نهاية الجحر الجديد. وحين يتحرك إلى الأمام يتحتم أن تفرشخ سلسلة الفئران المحملة والعائدة إلى الوراء توفيراً لوقته. من حيث الجوهر تشكل فئران الخلد حفّارة ميكانيكية ذات قواديس حية، إذ يعود للوراء موكب من الفئران المحملة ويتقدم إلى الأمام ومن تحته موكب من الفئران المتحررة من عبء حمولتها.

لكن كل فئران الخلد في المستعمرة لا تشارك بصورة متساوية في تلك الجهود. وكما أوضح الأستاذ جينيفر جارفز بجامعة كيب تاون فإن فئران الخلد منظمة في سلسلة من مجموعات عمل. إحداها تسمى مجموعة العمال الدائمين وهم الذين يقومون بمعظم أعمال التشييد والبحث عن الطعام. وتسمى مجموعة أخرى العمال غير الدائمين وهي مؤلفة من أفراد أبطأ تقوم ببعض العمل لكنه أقل من حوالي نصف كمية عمل العمال الدائمين. وتتكون أرستقراطية فئران الخلد من أفراد أضخم من الأفراد العمال لأنهم لا يعملون. ونادراً ما يقومون بالحفر أو البحث عن الطعام. وربما يشكلون مجموعة التكاثر طالما أن الذكور غير العاملين يتزاوجون على الأرجح مع الأنثى الوحيدة الولودة (الملكة).

تلد الملكة من أربع أبطن حوالى اثنى عشر صغيراً سنوياً. وهى الأنثى الوحيدة التى ترضع الصغار. ويبدو أن كل الإناث الأخريات لديهن مبايض خاملة ولا يتناسلن. ويشير بحث حديث لجارفز وتلميذه براندو برول أن الملكة تُخمد القدرة التكاثرية للإناث الأخريات جزئياً عن طريق بعث رسالة كيميائية عبر بولها تمر إلى المستعمرة وتستقبلها الفئران بعد ارتيادها لأماكن التبول. ويساعد أفراد من كل المجموعات فى رعاية الأحداث. فمثلاً تُفطم الصغار بعد ثلاثة أسابيع ويكون أحد العناصر المهمة فى غذائها بعد ذلك (بجانب الجذور والدرنات) مادة برازية يفترض أنها من إنتاج الأفراد البالغة.

ورغم أن التفاصيل ليست مفهومة بصورة تامة حتى الآن إلا أنه يبدو أن هذه الثدييات العجيبة قد تطورت عبر نظام اجتماعى مماثل لأنظمة النمل الأبيض والنحل والحشرات الاجتماعية الأخرى. فلديها تقسيم عمل قائم على وجود مجموعات، وهناك فرد واحد فقط فى المستعمرة مختص بالتكاثر، كما أن عدة أجيال من النسل تساعد الأباء فى رعاية الصغار.

تبيِّن فئران الخلد مبدأ ايكولوجياً مهماً وواضحاً. فبالنسبة للكائنات الحية التى تتكاثر جنسياً – أعنى الغالبية العظمى من كل الكائنات الحية – يصبح الآخرون أحد أهم عناصر البيئة، الآخرون من نفس النوع ولكن من الجنس المقابل. والكائنات غير الاجتماعية المتكاثرة جنسياً لا تعتمد على أفراد من نفس جنسها كى تتكاثر بل تعتمد على أفراد من الجنس المقابل. إن توقع الحياة بالنسبة لفراشة وحيدة أو حية مجلجلة وحيدة أمر عادى طالما أن كلتيهما فرد فى مجموعة. أما بالنسبة للحيوانات الاجتماعية مثل فئران الخلد فإن الأعضاء الآخرين من نفس نوعها ومن كلا الجنسين يصبحون العامل البيئى الأكثر أهمية. إن فأر الخلد الوحيد ونحلة العسل الوحيدة أو (فى معظم الحالات) الإنسان الوحيد لن يستمر أيهم فى البقاء فترة طويلة.

وعليه فمثلما يشغل الجنس والسلوك الجنسىّ معظم الناس فإنه فى قلب الاهتمامات المهنية بالنسبة للكثير من الايكولوجيين. ويمتد الاهتمام بالجنس والمجتمعات عند الايكولوجيين والناس العاديين سواء بسواء إلى ما وراء حدود الإنسان. إن أعظم رابطة اجتماعية وهى التى تقوم بين الأم وذريتها تثير التعاطف عند معظم الناس سواء أكانت العلاقة من ذلك النوع شبه البشرى بين الشمبانزى الأم ونسلها المرتعد خوفاً أو مجرد الفعل البسيط لأنثى البقّة المنتّنة المتمثل فى حراستها لصغارها. إن تعميم البرامج الخاصة بالطبيعة عن طريق التليفزيون يستند بقوة إلى وصفها للعلاقات الاجتماعية – ينقر ديك البرارى الأرض (على نحو إيقاعىّ) لاجتذاب الإناث إلى منطقة التزاوج، وتتعاون اللبؤات فى الصيد، وتستفيد الحمير الوحشية أو التياتل الأفريقية من جهاز الحس الجماعى للقطيع فى تحديد وتجنب اللبؤات. من فى مجتمعنا الفائق

التصنيع والمنظم لا يمكنه إلا أن يشبّه بين الحياة الإنسانية وتعقيدات مجتمعات الحشرات المتطورة للغاية (إلا إذا كان ساذجاً بيولوجياً)؟ ومن يستطيع تجنب الجزع عند اكتشافه أن فئران الخلد العارية قبيحة المنظر حيوانات ثديية ومن ثم أو بالأحرى من أقربائنا المقربين، وأنها تمضى فى نفس الطريق البيئى تقريباً مثلها مثل النمل الأبيض؟

إن الناس ترغب فى فهم طبيعتها الاجتماعية وترغب قبل كل شئ فى فهم طبيعتها الجنسية. وقد فكر علماء الاجتماع زمناً طويلاً فى أسئلة مثل ما الذى يخلق علاقة جنسية جيدة أو لماذا يتعلق الأصدقاء والمحبون والآباء والأطفال كل بالآخر، وتلك أسئلة مهمة. وغالباً ما يسأل الايكولوجيون نفس نوع الأسئلة ولكن بطرق مختلفة، طرق تهدف لجعلنا أقرب إلى العلل الأولية.

لنبدأ بالسؤال الأساسى جداً عن الجنس وهو: ما فائدته؟ سؤال سخيف بالتأكيد بالنسبة لأى من هؤلاء الذين ما تزال الهرمونات تجرى فى عروقهم. لكن حين لا يتلذذ الناس به بصورة مباشرة يثير هذا عجب البيولوجيين من كونه محل مزاح بالغ بينهم ومثار اهتمام كبير معظم حيواتهم. إنهم يقدحون أذهانهم لمعرفة لماذا نشأ الجنس ونشأت المتعة المدهشة المصاحبة له.

كما ذكرت فى الفصل السابق يستقبل النسل فى التكاثر اللاجنسى مجموعة جينات مماثلة لجينات الآباء ما لم تحدث طفرة. وحين ننظر للأمر بطريقة أخرى نجد أن الآباء تنقل كل جيناتها إلى كل فرد من ذرياتها. وفى المقابل فإن التكاثر الجنسى ينتهى بأن ينقل كل من الأبوين نصف جيناته فقط إلى كل فرد من النسل الناتج. وطالما كان مفتاح النجاح فى التطور هو امتلاك الفرد لجينات تتمثل فى الجيل التالى فإن التكاثر اللاجنسى يصبح النظام النموذجى. وإن كانت عشيرة بها إناث تتكاثر جنسياً وإناث تتكاثر لا جنسياً فإن جينات الأخيرة المنقولة إلى الأنسال يتعين أن تكون ضعف جينات الأولى – الانتخاب الطبيعى ينبغى بالتالى أن يكون شديداً ضد الأفراد المتكاثرة جنسياً.

لماذا إذن لم يختف التكاثر الجنسى من الكرة الأرضية؟ ولماذا يبقى بديلاً عن ذلك ولحد بعيد النموذج الشائع للتكاثر؟ ليست هناك إجابة واحدة متفق عليها وإن كان هناك إجماع حول أين يُنظر فيها. لعلك تتذكر أن السمة التى تميز بوضوح التكاثر الجنسى عن التكاثر اللاجنسى هى أن الأول ينتج عن التأشيب. وعليه فالإجابة عن سؤال "ما فائدة الجنس" تلتمس عادة فى مزايا التأشيب، وتبرير التطوريين بطريقة أو بأخرى هو أن هذه المزايا لابد أن تفوق فى أهميتها العيب الخطير لانتقال نصف جينات الفرد فقط فى كل مرة – وهو ما يُنظر إليه غالباً باعتباره "ثمن الانقسام الاختزالى".

لكن ذلك هو ما يتعلق بأين ينتهي الإجماع – ويظل أصل ومغزى التكاثر الجنسي موضوعين من الموضوعات الأقل رسوخاً في علم البيئة المعنى بالتطور. فمثلاً ليس هناك اتفاق حول ما هي أنواع البيئات التي تسهل تطور الجنس أو ما هي المواقع البيئية التي تعزز التكاثر اللاجنسي. إن الجدال يتركز حول لأي مدى يمكن أن يكون الثمن الفادح للانقسام الاختزالي أكبر من أن يعوض بالتأشيب. إننا نعرف أن النتيجة الأساسية للتأشيب هي إيجاد القابلية للتباين الوراثي في النسل. وقد رأينا فيما قبل أهمية قابلية التباين هذه في عملية تشكل الأنواع. لكن السؤال هو كيف تُنتخب – بمعنى كيف تستطيع الأفراد التي تتكاثر جنسياً نقل مقدار أكبر من جيناتها عن الجينات التي تنقلها الأفراد التي تتكاثر لا جنسياً رغم الميزة الظاهرة إحصائياً للأخيرة في مباراة الجين المستنسخ؟ فما لم يفض الجنس إلى نسل يبقى بدرجة أكبر فإن التكاثر الجنسي ينبغي ألا يتطور.

الإجابة الأولى المحتملة على هذه المسألة المحيرة هي أن إنتاج عدد كبير من الأنسال المتباينة وراثياً يصبح استراتيجية رفيعة المستوى في مواجهة التغير البيئي أو التنوع البيئي. فمثلاً قد تنتج سحلية أنثى عشرة صغار لا جنسياً. وكل منهم سيكون لديه مجموعتها الجينية بكاملها، لكن كل هذه الجينات قد تُفقد إذا تغيرت البيئة بدرجة لا تستطيع معها الأفراد التي لديها تركيب الأم الوراثي البقاء. إن الأم ستهلك هي ونسلها جميعاً.

في المقابل لو تزاوجت الأنثى فإن كلاً من صغارها العشرة سيتحمل انتخاباً عشوائياً لنصف جيناته المتحدة مع تشكيلة عشوائية من جينات الذكر المنتشرة في عشرة تراكيب وراثية مختلفة. ونفس التغير البيئي الذي تسبب في استحالة أن يبقى نسلها الناتج من التكاثر اللاجنسي لن يكون مهلكاً بالضرورة لكل نسلها الناتج من التكاثر الجنسي. حتى لو استطاع واحد من النسل أن يتحمل البيئة الجديدة فعندئذ سيمنحه التكاثر الجنسي ميزة تطورية. وبالمثل إذا اختلفت البيئة من مكان إلى آخر فإن عدداً أكبر من أفراد مجموعة الصغار العشرة المختلفة قد "يتلاءم" أكثر من النسل ذي الأفراد العشرة المتماثلة.

هذه إجابة عامة عن سؤال لم يواصل الجنس الاتكاء بشدة على ما يعرف بفرضية "الملكة الحمراء". وهي التي سميت بذلك الاسم عقب ظهور شخصية في مسرحية "من خلال المرآة" مجبرة على أن تظل تجري لكي تمكث في المكان. ترى فرضية الملكة الحمراء أنه كي تثابر عشيرة ما على الوجود لابد أن تستمر في التطور – وإلا فإن بيئة العشيرة دائمة التغير وخاصة مفترساتها ومنافساتها المتطورتين سوف تجبرها على الانقراض. إن الجنس (والتأشيب) يبدوان وكأنهما السبيل الوحيد الذي يستطيع أن يجعل عشيرة ما تجري بسرعة كافية حتى تظل متقدمة عن الكائنات المرضة التي يمكنها أن تطور بسرعة القدرة على اختراق الدفاعات المناعية للكائن الحي. ويعتقد بعض الايكولوجيين أن وجود المرض قد يغدو عاملاً حاسماً في تطور الجنس.

قابلية التباين الوراثى لمواجهة التغير البيئى كإجابة عن لغز الجنس تجد سنداً ما من جانب براغيث الماء (قشريات دقيقة) والمنّ. وهما يتكاثران لا جنسياً عادة فى الربيع والصيف حين تكون الظروف معتدلة وقابلة للتنبؤ نسبياً، ويتكاثران جنسياً قرب نهاية فصل النمو، وهو ما قد يدعو للتساؤل، حين يكون التغير الكارثى فى الطريق. إن الميعاد الدقيق لقدوم الشتاء بقسوته ونوع الربيع الذى ستواجهه الأفراد التى تجتاز الشتاء غير قابلين للتنبؤ نسبياً. لكن فضلاً عن ذلك ومن ناحية ثانية يتكاثر عديد من كائنات حية أخرى يكون لديها عدد مضاعف من الأجيال أثناء فصل النمو – مثل فراشات الكرنب – تكاثراً جنسياً فقط. والسحالى ذات الذيل الخفاق التى تتكاثر لا جنسياً لا تعيش فى بيئات أكثر قابلية للتنبؤ بأية صورة عن بيئات أقربائها التى تتكاثر جنسياً. تلك بعض صعوبات مناقشة القضايا فى علم البيئة المعنى بالتطور.

ثمة مشكلة إضافية أخرى خاصة بفكرة قابلية التباين المواجه للتغير هى أنه لو كانت الظروف المستقبلية للبيئة غير قابلة للتنبؤ بصورة تامة فإن استراتيجية تنوع النسل قد لا تكون الأفضل. وربما يكون الأحسن، مثلاً، إنتاج نسل متماثل يتكيف على مر الزمن مع ما يصبح الظروف العادية وله مظهر ذو قوة تحّمل كبيرة لمواجهة انحرافات تلك الظروف.

الإجابة المحتملة الثانية عن سؤال لماذا نشأ الجنس هى أنه وإن كان غير مفيد بالنسبة للفرد فإنه مفيد للعشيرة ككل. فالعشيرة التى تشمل كثيراً من الأفراد المختلفة وراثياً يصبح من المرجح أن تصمد فى مواجهة التغيرات البيئية التى تودى بالأفراد المتجانسة وراثياً. ويُستشهد فى هذا الوضع بما هو معروف باسم انتخاب الجماعة لتفسير سيادة التكاثر الجنسى. والفكرة هى أن الانتخاب يجرى فى جماعات مفضّلة للجنس – جماعات وجد بالمصادفة أنها ناتجة عن أفراد تكاثرت جنسياً وأصبح من المرجح لحد كبير أن تبقى أكثر من الجماعات التى نتجت عن أفراد تكاثرت لا جنسياً.

يستشهد بانتخاب الجماعة غالباً لتفسير الضروب المختلفة للسلوك الغيرىّ – السلوك الذى لا يعزز الجينات الخاصة بفرد بل الجينات الخاصة بالآخرين، مثلما يضحى فرد بحياته أو فرصته فى التكاثر من أجل شخص آخر. وقد اعتبر انتخاب الجماعة من جانب الايكولوجيين بحثاً عن إجابة للسؤال المتعلق بالتكاثر الجنسى نظراً لأن الجنس هو أيضاً وبمعنى من المعانى غيرانىّ – الأنثى تنصّف إنتاجها من الجينات كى تشترك مع فرد آخر فى إنتاج نسل ذى صفات مرغوبة.

مشكلة هذا النسق أنه لا يفسر كيف يمكن أن يمنع انتخاب الفرد تحول العشائر الغيرية إلى عشائر أنانية أو تحول العشائر المتكاثرة جنسياً إلى عشائر متكاثرة لا جنسياً. وداخل نطاق أية عشيرة منفردة يفضل انتخاب الفرد التراكيب الوراثية التى

تكون ناجحة تكاثرياً بدرجة أكبر. وبناء عليه فداخل عشيرة أفرادها غيريّة أو متكاثرة جنسياً (ويفضل أن تكون كعشيرة ناتجة عن انتخاب الجماعة) تصبح تلك الأفراد التى كانت أنانية أو متكاثرة لا جنسياً بسبب طفرة أو تأشيب ذات ميزة انتخابية كبيرة. وبالتالى تستبدل الأفراد الأنانية أو اللاجنسية التكاثر بالكامل وبمرور الوقت بأفراد غيرية أو جنسية التكاثر. وهناك ظروف بيئية خاصة جداً يمكن أن يحدث فيها انتخاب الجماعة حين يكون مُواجهاً بانتخاب الفرد، لكن معظم الايكولوجيين يعتقدون أن ذلك لا يمكن اعتباره ظاهرة واسعة الانتشار مثل الجنس.

عرض البيولوجىّ الإحصائى البريطانى الكبير سير رونالد فيشر ذات يوم تفسيراً آخر للجنس. وكانت فكرته أن الجنس (التأشيب) أتاح الفرصة للطفرات المفضّلة أن تتجمع بدرجة أسرع بكثير مما فعل التكاثر اللاجنسى. فبالتكاثر الجنسى يمكن أن ينتهى الأمر بالطفرات التى تحدث فى أنثيين مختلفتين ومن خلال التأشيب إلى التواجد على نفس الكروموسوم فى فرد ما من أحفادهما العاديين. ولكن التأشيب يمكن أيضاً أن ينقل الجينات المتطفرة مرة ثانية وبسرعة إلى كروموسومات منفصلة طالما أنه يعدِّل دوماً تنظيم الجينات. ومن المسلم به عموماً عند البحاث النظريين أن تفسير فيشر يمكن أن يكون صحيحاً على الأرجح بالنسبة للعشائر الصغيرة فى البيئات المتقلبة - التى تُختصر الحالة فيها إلى تعبير آخر عن فكرة قابلية التباين الوراثى المواجهة للتغير البيئى.

الحق أنه لم يوجد حتى الآن تفسير مقنع بالفعل لتطور الجنس والتأشيب، فكلاهما يبدو ملائماً فى بعض المواقع وغير ملائم فى مواقع أخرى. ونظراً لأن السؤال الشامل عن سبب تطور الجنس ما يزال الموضوع الشائع عند التطوريين والايكولوجيين فإنه لم يتم تركيز الكثير من الانتباه على بعض الأمثلة المحيرة ذات الصلة بالموضوع مثل لماذا تصبح منظومة الجنسين هى القاعدة تقريباً. وأقول تقريباً لأنه فى بعض الحيوانات الأولية والفطريات توجد منظومات تأشيب تستخدم أكثر من جنسين اثنين. فى تلك الأنواع توجد عدة طرز مختلفة (أجناس) من الأفراد التى تستطيع التزاوج (الاقتران) وتبادل المادة الوراثية مع أفراد من طرز أخرى ولكنها لا يمكن أن تتزاوج مع أفراد من نفس طرزها. غير أن السبب فى ألا تصبح منظومات الأجناس المتعددة واسعة الانتشار غير معروف.

مع التسليم بأنه فى الأحوال العادية يوجد جنسان ، تم تقدم كبير فى فهم عدة قضايا أخرى مهمة من بينها الاختلافات فى نسبة الذكور إلى الإناث داخل الأنواع المختلفة ووظائف الجنس فى التنظيم الاجتماعى.

يفترض معظم الناس أن التساوى فى عدد الجنسين وهو نسبة ١ : ١ (ذكور : إناث) أمر "عادى"، ونتيجة طبيعية لعملية الانقسام المنصّف التى توجد أعداداً متساوية من الجينات المحددة للذكور والإناث. إن النسب المتساوية للجنس أُحرزت عن طريق إنتاج كل جنس لأعداد متساوية من طرزين من الأمشاج. والمشيج خلية تناسلية ناضجة (حيوان منوى أو بويضة) تحمل مجموعة مفردة من الكروموسومات (أحادية) قادرة على الاندماج مع مشيج آخر من الجنس المقابل لإنتاج لاقحة وهى خلية بها مجموعة مزدوجة من الكروموسومات (ثنائية) تنمو مكونة فى النهاية فرداً بالغاً جديداً. وأحد طرزى الأمشاج الواردة من الأبوين المحدّدى الجنس ينتج لاقحة مذكرة بينما ينتج الآخر لاقحة مؤنثة.

ليس هنالك سبب لدوام هذا التساوى فى الأمشاج المحددة للذكورة والأنوثة. فالواقع أن الجينات التى يمكنها تغيير نسبة الجنسين مشتركة إلى حد ما وبعض الأنواع لديها إناث أكثر من الذكور. ومع كل ذلك تمتلك معظم الأنواع عدداً متساوياً تقريباً من الذكور والإناث. لماذا؟

عند رونالد فيشر إجابة على هذا السؤال أيضاً، فقد تأمل ما كان يمكن أن يحدث لو أن عشيرة مبرمجة وراثياً تنتج نسلاً ذكوره قدر إناثه مرتين، وفكر أنه فى تلك الحالة ينبغى أن يتضاعف عدد الإناث لكى تصبح بعدد الذكور حتى يتاح لكل منها العثور على زوج (لتبسيط الحالة فإنه لو كانت العشيرة أحادية الزواج فستكون هناك زيجات لنصف الإناث فقط) وبالتالى فأى فرد متطفّر ينتج نسبة أعلى من الإناث فى نسله سيصبح مفضلاً من جانب الانتخاب لأن نسله سيكون أكثر ملاءمة للإنتاج من الفرد الذى ينتج ذكوراً أكثر، ولذا سيكون من المرجح أن تنتقل جيناته إلى جيل أحفاده.

وعليه فالآباء التى تنتج نسلاً أكثر من الجنس الأقل عدداً فى العشيرة يكون لها ميزة انتخابية عموماً عن الآباء التى تنتج نسلاً أكثر من الجنس الأكثر عدداً. ويخلف أبناؤهم ذوو الأفراد الأقل من نفس النوع المتنافسين على التزاوج نسلاً أكثر على شاكلتهم. ويعمل ذلك على زيادة تكرار الأفراد المبرمجة وراثياً المنتجة لنسل أكبر من الجنس الأقل عدداً – حتى لا يظل هذا الجنس أقل عدداً فترة أطول – ويفضى هذا إلى تعديل نسبة الجنسين لتصبح ١ : ١ تقريباً نظراً لأنه كلما بدأ أحد الجنسين فى التخلف عن غيره (بمعنى أن يصبح عدده أقل) فإن الأفراد التى تفضل ذلك الجنس من بين نسله تترك خلفاً أكثر يؤدى تكراره إلى ازدياد الجنس الأقل عدداً. وهكذا فى تلك الحالة وسواء أكان لدى الآباء ميل وراثي أم لا لإنتاج أبناء من جنس معين مفضل من جانب الانتخاب، فى تلك الحالة يتم الاعتماد على تكرار إنتاج ذلك الجنس الموجود فيما قبل داخل العشيرة.

لكن نموذج فيشر الفعلى يعد مثالاً مركباً بدرجة أكبر. فقد حاول أن يبرهن لا على أن النسبة بين الجنسين ستكون متساوية بل على أن الآباء ستستهلك مقادير متساوية من الطاقة فى إنتاج الذكور والإناث. ولفهم ما يعنيه هذا دعونا نتأمل تكاثر طائر الباشق الأوربى. إناث هذا الطائر يكون وزنها مثل وزن الذكر مرتين حين تغادر العش. وهذا يجعلنا نفترض باطمئنان أنه يلزم لتنشئة أنثى جهد من الأبوين مضاعف تقريباً بالنسبة لجهد تنشئة ذكر. والآن نفرض أن النسبة بين الجنسين فى عشيرة ما من طيور الباشق كانت ١ : ١ وأن النسل من كلا الجنسين لديه فرص متساوية للتزاوج وإنتاج نسل مشابه. فى هذه الحالة سيفضل الانتخاب التراكيب الوراثية التى تنتج ذكوراً، فهى الجنس "الأرخص تكلفة". فالأب الذى تعهد أربعة ذكور سيرتحل مرتين (فى المتوسط) مثل الأب الذى تعهد أنثيين ومثله فى ذلك مثل العديد من أحفاده، وبذا يبذل نفس مقدار الجهد لإنتاج زوج من الإناث وأربعة ذكور. ويكون متعهد تنشئة الأنثى مضطراً لبذل جهد مضاعف بالنسبة لمتعهد تنشئة الذكر من أجل الحصول على نفس النجاح التكاثرى. فالجهد المتساوى لن يثمر فرصاً متساوية فى الحصول على أحفاد.

إن الانتخاب الذى يفضل متعهِّدى تنشئة الذكور سيزيد تدريجياً تكرار إنتاج ذكور طيور الباشق حتى تصل النسبة بين الجنسين إلى ٢ : ١ لصالح الذكور. وعند هذا الوضع سيكون للأب الذى تعهد أربعة ذكور نفس الفرصة بالضبط لإنتاج أحفاد مثل الأب الذى تعهد أنثيين، طالما أن إناث النسل اللاتى هن الآن نصف الذكور يتحتم أن يتضاعف عددهن، كما هو محتمل للعثور على زوج. إن بذل جهد مساوٍ (لتنشئة أربعة ذكور أو أنثيين) سيسفر عن فرص متساوية فى الحصول على أحفاد.

هذا كلام معقول، أليس كذلك؟ وكيفما كان الأمر فلنتذكر أن المعيار بالنسبة للنظرية فى العلم ليس أن تغدو مفهومة المعنى وحسب بل أن تصمد للاختبار التجريبى. وقد أظهرت إحصاءات صغار طائر الباشق فى إنجلترا التى قام بها أ. نيوتن، م. ماركيز بمعهد البيئة البرية فى إدينبرج أن نسبة الذكور ١,١٠٢ ونسبة الإناث ١,٠٦١ – وقلما تظهر النسبة المتوقعة وهى ٢ : ١ ونعود من جديد إلى المثال الموصوف وهو يثبت فى تلك الحالة أن افتراضنا كان خاطئاً. فطيور الباشق من الجنسين تستهلك بالفعل كميات متساوية من الطعام تقريباً قبل مغادرتها للعش – حيث تصبح الإناث أثقل وزناً فى حين تستخدم الذكور الطاقة للنمو بسرعة وتكون مهيأة للطيران قبل الإناث. وبذلك فالنسبة ١ : ١ تقريباً تتلاءم مع النظرية (ومرَّة أخرى نجد أن افتراضاتنا صحيحة).

يبدو أن دراسة عن الطيور السّوادية تؤكد النظرية. فى تلك الطيور وهى نوع من الطيور السوداء تكون الإناث فيه أصغر عند التهيؤ للطيران وتكون النسبة بين الجنسين كما هو متوقع منحازة لها. ومن سوء الحظ أن المعلومات عن الجهد المبذول الفعلى ناقصة فى تلك الحالة ولذا فالقول الفصل فيها ليس وارداً.

نظرية الجهد المبذول أكثر تعقيداً بالفعل مما أشرت. فمثلاً فى ظروف معيّنة تستلزم استيلاداً داخلياً وتفاوتاً كبيراً من فرد لآخر فى النجاح التكاثرى، الذى تكون النسب المتميزة فيه بين الجنسين متوقعة نظرياً وموجودة عملياً. لكن الأمر يتطلب الكثير من الاختبارات عن طريق استخدام مدى واسع من الكائنات الحية قبل أن يقتنع الايكولوجيون بأن الطبيعة والنظرية منسجمتان.

ثمة أسرار أخرى فى التكاثر الجنسى. احداها لماذا تتحقق النسبة التطورية الصحيحة بطريقة ما فى كائن حىّ وبطريقة أخرى فى كائن حى مختلف. الذكور فى البشر، كمثال، يحددون الجنس فى ذرياتهم عن طريق إنتاج حيوان منوى يحمل إمّا الكروموسوم X أو الكروموسوم Y. والبويضة التى تخصب بحيوان منوى يحمل الكروموسوم X تنمو مكونة أنثى فى حين تنمو البويضة التى تخصب بحيوان منوى يحمل الكروموسوم Y مكونة ذكراً. لكن النظام ليس واحداً فى كل الكائنات الحية، ففى الفراشات الشطرنجية يكون الكروموسوم المتمم للبويضة وليس المتمم للحيوان المنوى هو المحدد لجنس النسل.

لماذا لا ينتج التطور نظاماً ما يوجد فيه، مثلاً، نوعان من الذكور – أحدهما ينتج الحيوان المنوى المحدد للذكورة وينتج الآخر الحيوان المنوى المحدد للأنوثة؟ لماذا لا يغير كثير من الكائنات الحية جنسه استجابة للظروف البيئية كما تفعل أسماك الشعب المرجانية التى لديها ذكر واحد فقط لكل مجموعة عائلية؟ فإن قتل ذلك الذكر ولم يأخذ ذكر آخر مكانه بين زوجاته تتحول كبرى الإناث إلى ذكر. إن البعض يندهش من أن كثيراً جداً من الكتب قد كُرس من أجل بيولوجيا الجنس – ولكن سوف يتم تكريس المزيد منها.

النقطة الأساسية فى الموضوع هى أن التكاثر الجنسىّ مثل كل الخصائص الأخرى للأجهزة الحية ليس "مسلماً به". إنه على الأصح نتاج بلايين الأجيال من الكائنات الحية المتشكلة تحت تأثير بيئاتها أثناء عملية التطور. وسوف يلزم بعض الوقت للإجابة عن أسئلة كثيرة مثل: لماذا يوجد الجنس فى أشكال حياة مختلفة مثل البكتيريا والبشر، وهل توجد أسباب بيئية أو تطورية أم لا بالنسبة لأنماط السلوك الجنسى المختلفة عند الرجال والنساء. وإن كان التكاثر الجنسى قد درس قبل الآن لحد كاف يؤكد لنا أن التناول الايكولوجى للجنس والمجتمعات بمقدوره أن يقدم استبصارات قيمّة.

الآن ننتقل من ألغاز الجنس إلى النظر فى الساحة التى يحدث فيها معظم النشاط الجنسى بين الحيوانات - الجماعة الاجتماعية. عرّف إى.أو. ويلسون التطورى البارز بجامعة هارفارد المجتمع ببساطة بأنه مجموعة حيوانات من نفس النوع منظمة وفق سلوك قائم على التعاون. ويشمل هذا التعريف البسيط أنواعاً كثيرة من المجتمعات والتشكيلة الهائلة للسلوكيات الاجتماعية الموجودة داخلها. فالأفيال التى تحاول مساعدة رفيق مصاب وذكر الفيل الذى يُحكم حراسة الإناث تسلك جميعها سلوكاً اجتماعياً. ونفس الشئ تفعله أسماك الرنجة المنطلقة فى صورة قطيع يحدث أزيزاً. ويتضمن السلوك الاجتماعى مراتب هرمية للسيطرة (وتلقى الأوامر) فى أسماك الشعب المرجانية والدواجن والبشر. وتوظف الأسود والذئاب والحيتان القاتلة التعاون الاجتماعى فى الصيد، ويستخدم الحمير الوحشى والغربان وأسماك الرنجة سلوكاً اجتماعياً فى الدفاع عن أنفسها. إن نقيق الضفادع وشدو الطيور واحتشاد النمل الأبيض وتملق البشر تعتبر جميعها فعاليات اجتماعية.

هل يمكن أن يكون لتلك السلوكيات معنى مفهوم وهل يمكن ذلك أيضاً بالنسبة للعدد الكبير من الوسائل الأخرى التى ترتبط بها الأفراد داخل عشيرة كل إلى الآخر؟ فى مواجهة ما يبدو أنه سلوك اجتماعى غريب فإن الطريقة الممكنة لفهمه هى تحديد كيفية تطوره - لاكتشاف سبب تفضيل البيئة لتكاثر الأفراد التى تقوم بذلك السلوك عن غيرها من الأفراد التى لا تقوم به.

سنبدأ استكشافنا للسلوكيات الاجتماعية بسلوك شائع وبسيط على ما يبدو وهو تكوين الجماعات - أسراب السمك، أسراب الطيور، الأفواج، القطعان - من جانب الحيوانات غير المفترسة. لماذا نشأ ذلك السلوك؟ افترض الطبيعيون (علماء التاريخ الطبيعى - م) منذ فترة طويلة أن الجماعات نشأت بسهولة وبخاصة فى الأرض المكشوفة نظراً للأمان الذى يحدثه التجمع. فحين يهدد الخطر الحيوانات تنزع نحو الالتئام. ولو اقترب صقر من فوج زرازير فإنه يصبح أكثر تجمعاً. وسرب الأسماك المهدد وقطعان الأغنام أو الدببة أو ثيران المسك المهددة جميعاً تضم صفوفها.

لكن لماذا يتوافر الأمان فى الجماعة؟ ولماذا لا يصبح فوج محتشد ببراعة مائدة مبسوطة بصورة ملائمة لقطيع من آكلات اللحوم، ينقذه منها الاضطراب أثناء جمع القطيع لطعامه من الأفراد المتناثرة هنا وهناك؟ لقد طوّر و.د. هاميلتون، وهو أحد أكثر الايكولوجيين المعاصرين استبصاراً، نموذجاً بسيطاً عن السبب الذى ينبغى من أجله أن تتجمع الفرائس فى الأماكن المفتوحة، وأطلق على النموذج اسم "هندسة القطيع الأنانى".

الافتراض الأساسى عند هاميلتون أن المفترس يتجه لمهاجمة الضحية الأقرب المتاحة. ولذا يتحتم على أى فرد محتمل كفريسة أن يقترب من فرد آخر لأنه حين يقف فردان جنباً إلى جنب يكون كل منهما داخل نصف "دائرة الخطر" المحيطة بفرد واحد. (طالما أن الآخر يكون أقرب إلى المفترس المقترب من نصف الاتجاهات الممكنة). كما تقتسم مجموعة من أربعة أفراد بالتساوى دائرة الخطر وهلم جراً.

لا توجد غيرانية فى هذا النموذج فكل فرد يحاول النفاذ بجلده عن طريق وضع الآخرين بينه وبين المفترس. وقد لوحظت فى الواقع محاولات الأفراد لإخفاء أنفسها داخل الجماعة بعيداً عن طريق الفريسة المحتملة، فالأسماك الخارجية تحاول النفاذ إلى داخل السرب، وتتدافع الأغنام التى حُذرت من كلب الحراسة بحثاً عن مكان لها داخل القطيع. مغزى هذا السلوك مفهوم بسبب توافر مشاهدات كثيرة تشير إلى أن المفترسات تصيد على الأرجح الأفراد الموجودة عند الأطراف او البطيئة من القطعان والأسراب. وبالتالى تذهب الميزة التطورية فى القطيع الأنانى لهؤلاء الأكثر سرعة والأقوى أو الحكماء بدرجة تكفى للنفاذ إلى الداخل.

على الرغم من أن سلوك القطيع قد يمنح بعض الأفراد ميزات عن الآخرين حتى فى الأماكن المكشوفة إلا أنه قد يؤدى إلى عدم استفادة الجماعة بكاملها. فهو يجعل تعيين مكان الفريسة أكثر سهولة حيث يبدو القطيع واضحاً بدرجة أكبر من الأفراد المنعزلة. وقد يجعل ارتباك قطيع متدافع مهمة المفترس أكثر سهولة لا أكثر صعوبة. وأصبحت بعض المفترسات متخصصة بالفعل فى مهاجمة الجماعة. فمثلاً تبدو أسماك أبو سيف وأبو منشار وكأنها متخصصة فى التغذى على الأسراب. وهى تندفع بقوة إلى قلب الجماعة وتقتل عدداً ضخماً من أفرادها مستخدمة "أسلحتها" الشخصية.

نتيجة لهذا يفضل الانتخاب الطبيعى التجمعات فى بعض الظروف ولا يفضلها فى البعض الآخر. وربما يكون هناك دافع للتجمع فى بعض فصول السنة دون غيرها اعتماداً على المخابئ المتاحة مثلاً أو نشاط المفترسات أو طور من أطوار التكاثر. وكمثال فإن ذكور ظبى الماء وبعض الأبقار الوحشية الأفريقية الأخرى تعيش حياة الانعزال أثناء فصل التزاوج لكنها تشكل قطعاناً عزباء فى الأوقات الأخرى من السنة.

ومع هذا فثمة دليل آخر على أن نظام الجماعة يمكن أن يكون فى مصلحة القطيع ككل – بمعنى أن هناك عوامل تحمى كل أفراد الجماعة من الافتراس. ويتكون جانب من ذلك الدليل من المشاهدات الخاصة بالهجمات الواقعة على الجماعات وخاصة

مفترسات أسراب الأسماك ومن خبرة الصيادين البشر فى محاولاتهم إصابة الطيور أو اقتناص الفراشات. ويشير هذا إلى أن الجماعة الكبيرة تصبح هدفاً مربكاً حين يكون من الصعب تماماً اختيار وقتل فرد بعينه. وكثيراً ما يطلق صياد النار على المنطقة الوسطى لفوج بطّ فيكتشف أن نيرانه قد أخطأته جميعها، سواء لأن ارتباك القطيع يفيد الصياد (كما ذكرنا من قبل) أو لأن الفرد المراد اصطياده ينحرف غالباً من جراء ظروف ما.

تظهر الأسماك مراراً ميزة أخرى لوجود الأفراد فى جماعة. فقد يحاكى سرب محتشد ببراعة من نوع غير مؤذ مفترساً وحيداً كبير الحجم – كما تعلمت من خوفى ذات يوم حين كنت أتدرب للحصول على شهادة الغطس فى منطقة بورا بورا. وقد استغرق الأمر لحظة فقط للتيقن من أن الكتلة المندفعة نحوى كانت سرباً من البورى غير المؤذى وليست سمكة قرش ضخمة، ولكنى فى لحظة الاستجابة تصورتها مفترساً للبورى متوسط الحجم مثل سمكة الأخفس وكان يمكن أن أمضى إلى ما هو أبعد قبل معرفة الهوية الحقيقية للشبح.

هناك ميزة دفاعية أخرى للجماعة وهى الاستفادة من حواس أفراد كثيرة فى تحديد اقتراب المفترس. لنفترض فى نموذج بسيط أن نوعاً معيناً من الطيور يجب أن يبحث عن غذائه على مدى نصف يومه لكى يظل حياً. ولنفترض كذلك أنه يستطيع قضاء كل ما تبقى من وقته فى مراقبة مفترسيه. قد يتسلل قط بسهولة مهاجماً طائراً وحيداً من هذا النوع وهو يثابر على التنقل أثناء فترة نصف الوقت التى يبحث فيها عن غذائه. ومع ذلك فإن سرباً مكوناً من عشرة طيور هو حكاية مختلفة تماماً. فلو أن كل طائر يقضى فى المراقبة نصف وقته حتى وإن لم تكن هناك علاقة بين زمن المراقبة لأحد تلك الطيور وزمن مراقبة طائر آخر فإنه سوف يوجد طائر ما مستمراً فى المراقبة اكثر من ٩٩,٩ ٠/٠ من الوقت.

توضح مسألة حسابية بسيطة السبب: إن كان هناك طائران كل منهما لن يكون مراقباً نصف الوقت. وحيث أن سلوك كل منهما (حسب تعريفى) مستقل عن الآخر، فإن الجزء من الوقت الذى لا يكون فيه كل منهما مراقباً هو ١/٢ × ١/٢ = (١/٢)٢ = ١/٤ . وبالمثل فإن الوقت الذى لا يكون فيه اىّ من الطيور العشرة مراقباً هو (١/٢)١٠ = ١/١٠٢٤ = أقل من ٠,٠١ وهذا يعنى أن طائراً واحداً على الأقل يقوم بالمراقبة فى ٩٩,٩ ٠/٠ من الوقت.

كما تشير تلك الحسابات يوفر الالتقاء فى جماعات أكبر فأكبر زيادات مطّردة فى الأمان مادام كل فرد يقضى جزءاً كبيراً من وقته فى المراقبة. وفى الحالة المشروحة للتو يُزيد تضاعف حجم الفوج عشرين مرة من كمية الوقت التى يقوم فيها طائر واحد

على الأقل بالمراقبة إلى ما لا يقل عن ١,٠٠ ./٠ . وبالطبع قد توجد مزايا أخرى لتلك الزيادة فى حجم الجماعة: تسمح التجمعات الأكبر للأفراد بقضاء وقت أقل فى واجب الحراسة ووقت أكثر فى التغذية.

أجريت بالفعل تجارب مختلفة تعزز فكرة أن الزيادة فى حجم الفوج تفيد فى تحديد المفترس. فمثلاً أجرى نموذج الصقر على أفواج مختلفة الحجم من اليمام البرى وسجلت النتائج بآلة تصوير سينمائية لدرجة أنه أمكن قياس الوقت السابق على تحذير الفوج بدقة. وفى فوجين مكونين من أربعة طيور وخمسين طائراً وجدت علاقة واضحة بين أعداد الطيور وسرعة استجابتها للتحذير. وفضلاً عن ذلك يظهر الدليل أنه فى الأفواج الأكبر عدداً، وكما يتوقع المرء، تقضى أفراد الطيور وقتاً أكثر بالفعل فى التغذية ووقتاً أقل فى المراقبة.

من البديهى أنه كى يحذر فرد الأفراد الآخرين فى فوج لابد أن يبلغهم بوجود خطر. وقد طورت الحيوانات الاجتماعية وسائل عديدة للاتصال ببعضها البعض – ليس بالنسبة للخطر فحسب بل لوجود الموارد وإمكانية التزاوج وأمور كثيرة أخرى أيضاً. وبالنسبة للغالبية العظمى فالصورة والصوت هما الوسيطان المفضلان، ولكن أشكالاً أخرى مألوفة بدرجة أقل تستخدم أيضاً. ومن بين غير المألوف بدرجة كبيرة الرقصات التى يستخدمها نحل العسل للإبلاغ عن المسافة والاتجاه ونوعية مورد غذائى. ويجرى الرقص فى ظلام الخلية وتنقل المعلومة باللمس والشم.

حين يأتى الصوت ليحذر الآخرين من الخطر يبدى ما يخفيه من مزايا عديدة. فالمستقبل ليس مضطراً لمواجهة مرسل الرسالة كى يستقبلها. ونداء التحذير القصير لا يجذب الكثير من انتباه المرسل مثلما يحدث عند القفز إلى أعلى وإلى أسفل أو الجرى فى دوائر. والواقع أن كثيراً مَن نداءات التحذير ذات نوعيات تجعل من الصعب تعيين المصدر – وقد تكون من نوع التكلم البطنى الذى يعطى انطباعاً زائفاً عن مكان الحيوان الباعث للنداء، ويقلل بالتالى فرص وجوده وافتراسه بجعل حضوره وكأنه غياب.

يظل من الصعب تفسير لم ينبغى على فرد ما أن يقوم بأية مخاطرة كى يحذر الأفراد الآخرين من الجماعة، بما فى ذلك جعل نفسه مستهدفاً ولو باحتمال ضئيل عن طريق جذب انتباه مفترس قادم يلوح فى الأفق، متحدياً بهذا الانتخاب الطبيعى الفردى. لماذا لا يتسلل بهدوء فى اتجاه آخر تاركاً رفاقه غذاء للمفترس القادم لكى يهب جيناته للجيل التالى؟ فهل يمكن أن يكون انتخاب الجماعة هو الإجابة؟ – طالما أن الأفواج تشمل أفراداً غيريين يثابرون ويهلك غير المثابرين.

لكن تبقى عقبة انتخاب الجماعة. والشئ المفيد بالنسبة للجماعة، مثل بعض السلوكيات، سوف يُنتخب على حساب مرتبة الفرد إلا إذا هلك من يبرزون تلك السلوكيات قبل غيرهم ممن لا يبرزونها. ففى فوج يتكون جميعه من محذرين غيريين يكون الفرد المتطفّر أو ذو الجينات المتأشّبة (المعاد اتحادها) الذى يحتفظ بهدوئه ويتسلل بعيداً عن الخطر صاحب ميزة انتخابية ويصبح نوع جيناته عاجلاً النوع الوحيد فى المكان.

دور انتخاب الجماعة ليس المسألة الوحيدة فى المناقشات المتعلقة بنداءات التحذير. فهناك جدال مهم أيضاً حول ما إذا كان المحذّر غَيْرياً بالفعل دائماً أم أنه قد يكون مجرد متلاعب بالجماعة بطريقة ما تقوّى فرص وجودها – فمثلاً قد يتسبب فى جعل الفوج يخرج فجأة ليقف حائلاً بينه وبين المفترس المتقدم. وقد تبنى السّلوكيّ كينيث أرميتاج استناداً إلى أبحاثه على المرموط (من القوارض – م) الحجة الوسط. فهو يعتقد أن كثيراً من نداءات التحذير يستلزم عدم المخاطرة من المحذِّرين. إنهم يضعون المفترس تحت الملاحظة وطالما أن مكانه محدد بالضبط لا يتيحون له أن يبدد مزيداً من الوقت فى الطواف بحثاً عن الفريسة، تاركين المراميط تعود إلى مهمة تناول الطعام.

لكن بافتراض أن بعض نداءات التحذير، على الأقل، نداءات غيرية فهل من سبيل يصبح به ذلك السلوك قادراً على التطور؟ إننا مدينون مرة ثانية لأحسن التفسيرات التطورية حتى الآن من جانب و.د. هاميلتون الذى طرح فى عام ١٩٦٤ فكرة اكتسبت أهمية عظيمة فى فهم كثير من السلوك الاجتماعى – وهى انتخاب الأقارب. ومثل كثير من الأفكار المهمة فانتخاب الأقارب عند استعادته بسيط وجذاب. وفكرته هى أنه قد يعزز فرد ما تكاثر نوعه المميز من الجينات عن طريق مساعدة أقربائه. وحين يكون الأقارب أطفال الفرد فإن هذا يصبح بوضوح مجرد انتخاب طبيعى أساسى، غير أن انتخاب الأقارب يمكن أن يحدث أيضاً حين يشمل أقارب آخرين.

لفهم كيف يمكن أن ينتج *انتخاب الأقارب بالغيرانية* ينبغى أن يميّز المرء بين الغيرية تجاه أى شخص فحسب والغيرية تجاه أقارب الفرد. إن أى فرد نتاج نوع يتكاثر جنسياً يشترك فى نصف جيناته (يتشابه به معها) مع إخوته وأخواته. وتستطيع إدراك ذلك بالبديهة عن طريق تخيل أنه إذا استقبلت أخت نسخة من الجين ع١ من أمها ذات التركيب الوراثى ع١ع٢ فحينئذ يكون لأخيها فرصة ٥٠ ٪ فى الحصول على نسخة من الجين ع١ أيضاً طالما أن كلا من الأخت والأخ لابد أن يحصل إما على الجين ع١ أو الجين ع٢ من الأم.

ينتهى الأمر فى الأنواع المتكاثرة جنسياً إلى أن يصبح نصفُ ما من عدد الجينات مشتركاً (متشابهاً) بين الأبناء وأحد الأبوين (الأم مثلاً) فى حين يتشارك (يتشابه) الأبناء فى النصف الثانى من جيناتهم مع الوالد الآخر (الأب مثلاً). (فى التكاثر اللاجنسى ومع تجاهل الطفرات يشترك الأبوان والنسل فى ١٠٠ ٪ من جيناتهم).

ويمكن أيضاً توضيح أن الأجداد والأحفاد يشتركون فى ٢٥ ٠/٠ من جيناتهم وأن أبناء (أو بنات) العم أو الخال أو العمة أو الخالة من الدرجة الأولى يشتركون فى ١٢,٥ ٠/٠ من جيناتهم وهلم جراً.

نفترض أن فرداً ما استطاع أن يضحى بحياته الشخصية كى ينقذ حيوات ثلاثة من أقربائه، أو أن هناك مثلاً فرصة احتمالها ٥ ٠/٠ أن يُفترس لإنقاذ أحد أقربائه المقربين. حينئذ ينبغى أن يكون ذلك السلوك الغيْرىّ مفضلاً من جانب الانتخاب، طالما أنه فى كل حالة يتم إنقاذ جينات إضافية مماثلة لجينات الفرد الغيرى من أجل الأجيال القادمة أكثر من الجينات التى فقدت(*) . وفضلاً عن ذلك فإن الأفراد التى كفت عن التكاثر - إن كانت الجينات تحكم كل شئ - ينبغى أن تكون مستعدة للقيام عملياً بأيّة تضحية تعزز بقاء أحفادها أو بقاء أفضلهم أو أقاربها الآخرين القادرين على التكاثر (حسب التعريف لا يحدث انتخاب الأقارب بمساعدة الأخلاف الصّرحاء).

هكذا وسّعت أفكار هاميلتون مفهومنا السابق عن الصلاحية (وما سوف تستعيده هو المساهمة الجزئية من جينات فرد للأخلاف) لتتضمن ما يسمى الصلاحية الشاملة - وهى مساهمة جينات فرد مع جينات أقاربه المتماثلة. وقد اختبر ايكولوجىّ السلوك بول شيرمان بجامعة كورنيل فكرة هاميلتون بمشاهداته لسناجب بيلدنج الأرضية فوجد دليلاً على أن نداء التحذير مثال على السلوك الغيرىّ الجارى بفعل انتخاب الأقارب. وتوجّه إناث السناجب نداءات تحذير أكثر بكثير من التى توجهها الذكور عن المفترسات التى حُدّد مكانها، كما أن الإناث التى لديها صغار توجه غالباً تحذيرات أكثر من الإناث عديمة الصغار. وإناث سناجب بيلدنج الأرضية متعاونة مع الأقارب بدرجة أكبر بكثير من الذكور، كما أن الإناث التى لها ذرية لديها أقارب أقربين تدافع عنهم. التفسير الأبسط إذن لمعلومات شيرمان هو أنه بينما يزيد نداء التحذير الخطر المحدق بالمنادى وبأولئك الذين يحذرون الأقارب فإن هذا الخطر يُعوّض عن طريق زيادة الصلاحية الشاملة(**).

---

(*) هذا المثال مبسط تبسيطاً شديداً ولكى يكون دقيقاً لابد أن يأخذ المرء فى الحسبان الإمكانية التكاثرية للغيرىّ. فلو كانت المزايا تكمن فى أن إمكانية الغيرىّ التكاثرية هى أنه يستطيع إنتاج عشرين نسلاً إضافياً قبل أن يموت لو لم يضح بنفسه حينئذ يكون السلوك الغيرى منتخباً بطريقة معاكسة.

(**) على الرغم من أن انتخاب الأقارب والصلاحية الشاملة هما أدوات ممتازة فى المساعدة على البحث فقد تبين أن أيّة مناقشة يمكن إجراؤها باستخدام مصطلح الصلاحية الشاملة يمكن أن تُجرى أيضاً باستخدام المصطلح القديم الواضح وهو الصلاحية الداروينية. ولكى نفعل ذلك لابد أن نتّبع المعالجة الرياضية حيث إن الصلاحيات الداروينية للتراكيب الوراثية هى ذاتها وظائف للتراكيب الوراثية الأخرى فى العشيرة. بتعبير آخر إن صلاحية فرد ما تعتمد على الصفات الأساسية للأفراد (متضمنة نسبة من الأقارب) الذين يعيشون معهم. إن فرداً محذّراً بالخطر يصبح أكثر صلاحية فى عشيرة يتكون معظمها من الأقارب المقربين عن فرد فى عشيرة يتكون معظمها من أفراد غير قريبى الصلة.

هناك الكثير جداً فيما يتعلق بالسلوك الاجتماعى عند الفرائس الحيوانية. هل تستفيد المفترسات أحياناً من وجودها فى جماعات؟ كثير من الحيوانات – بدءاً بالنمور والكوالات (كيسيات أسترالية – م) والمرموطات والثعابين ومعظم الصقور والأسماك حتى الفراشات واليعاسيب والدُّعسوقات (خنافس مرقطة) – تبحث عن غذائها منفردة بل إن بعضها يدافع عن مناطق غذائه ضد الأفراد الأخرى من نفس النوع. أما الحيوانات الأخرى التى تشمل كثيراً من الطيو [illegible] وصقر إلينورا والسرجونات (سمك استوائى – م) والضباع والأسود [illegible] فإنها تبحث عن غذائها فى جماعات. وفى معظم الأنواع الأخيرة لا يضد [illegible] المرء للتأمل كثيراً كى يكتشف ميزة انتخابية فردية تبرر تطور السلوك: فالمفترسات التى تصطاد فى جماعات تحصل غالباً على قدر من الغذاء أكبر مما تحصل عليه وهى منفردة.

الضباع مثلاً تصطاد فى أغلب الأحيان كجماعات (وبالمناسبة فالضباع لها سمعة راسخة غير حقيقية وهى أنها جبانة تقتات على الجيف بينما هى بالفعل صيادة جسورة تقتل وحدها معظم ما يصبح طعامها، بل إنها تزيح الفهود الصيادة بعيداً عن فرائسها)، وقد أوضح هانز كرُنك بجامعة أكسفورد ميزة صيد الجماعة فى دراسته الكلاسيكية عن الضباع. فكل واحد من ضبعَيْن يحصل بالصيد المشترك على غذاء أكثر مما تحصل عليه الضباع المنفردة. وحين يشكلون فريقاً يصبحون أكثر نجاحاً بكثير من الأفراد فى اقتناص عجول النوّ. والأم فى هذا النوع من التياتل يمكنها حماية وليدها من ضبع وحيد لكنها لا تستطيع أن تفعل هذا مع فريق عمل مكون من ضبعين. وبالمثل أوضح جورج شوللر وآخرون أنه بالنسبة للأسود يبدو الزوج منها المجموعة المثالية للصيد من حيث الحجم.

تستفيد الطيور الباحثة عن غذائها فوق سطح الأرض من وجودها فى جماعات بتنبيه بعضها البعض عن طريق الطيران الفجائى، والحشرة الجافلة التى تهرب من منقار مُجفِلها تكون مستحثة فى الغالب من جانب فرد آخر فى السرب. وقد تتعاون طيور أخرى فى الهواء. وبينت الدراسات التفصيلية التى قام بها الايكولوجى هارتموت والتر على صقور إلينورا والجزيرة المتوسطة التى تتزاوج على أرضها أنها تشكل "حوائط من الصقور" – وهى شبكات حية من الصقور المحومة التى تنتظر الطيور المهاجرة القادمة من أوربا إلى أفريقيا. وإذا تجنب طائر صغير أحد الصقور اصطاده فى الغالب الصقر التالى على امتداد "الحائط".

هناك تقنية صيد تقليدية عند أسلافنا هى أن تدفع جماعة منهم قطعاناً من حيوانات ضخمة نحو الجروف أو داخل الماء، حيث تموت نتيجة السقوط أو الغرق أو القتل على أيدى الصيادين. فمثلاً كان سكان الاسكيمو يبنون مجموعة ركامات من قطع حجارة

بحجم الرجل على شكل أقماع تفضى إلى جرف أو شرك طبيعى آخر، وبعدئذ يساق قطيع الرنّة إلى فوهة القمع. وتقف النساء والأطفال خلف بعض الركامات صائحين ملوحين بأسلحتهم ليحولوا مهمات المعاونين من الجماعة إلى واقع، ومستحثين حيوانات الرنة على الإسراع إلى القمع لملاقاة مصائرها. وقد سمحت هذه التقنية من حيث الجوهر بأن تضخّم جماعات صغيرة من الاسكيمو أعدادها (من منظور الرنّة) وتزيد من نجاحها فى الصيد.

تستطيع آكلات العشب وآكلات اللحوم أيضاً الحصول على ميزة من البحث الجماعى عن الغذاء، ولكن ذلك لا علاقة له بتأمينها من المفترسات. وعلى سبيل المثال فالقطعان الرّاعية من السرجون أو التانج التى أكسبها مظهرها المخطط الاسم الشائع "التانج المجرم" مَعْلم معروف فوق الشعب المرجانية لحوض الباسيفيك. حيث يسبح التانج على ارتفاع ثلاثة أو أربعة أقدام فوق الشعب ويحتشد دورياً كجماعة تهبط لأسفل لالتهام الطحالب. وتُقاوَم نوبات تغذية التانج بشدة من جانب أسماك العذراء المدافعة عن مناطقها فوق سطح الشعب، ولكن مهما كان الأمر فالتفوق الكبير فى أعداد التانج على أعداد الأسماك المدافعة يجعل جهود الأخيرة تضيع سدى – يتغذى التانج بسهولة كسرب فى ملابسات تتمكن فيها الأفراد المنزعجة من جراء الهجمات المتكررة للأسماك العذارى العدوانية من أن تأكل جميعها، رغم أن تلك الملابسات لا تطاق.

لكن لماذا تدافع أسماك العذراء عن أجزاء من الشعب؟ إنها الإقليمية، فالدفاع عن منطقة بكاملها أو جزء منها حيث يتجول فرد ما قائماً بعمله الطبيعى هو أحد الظواهر الايكولوجية التى بُحثت على نطاق واسع وبعمق. وكل من يسمع من وقت لآخر طائراً يشدو يصبح لديه الحد الأدنى من الاحتكاك بتلك الظاهرة.

لزمن طويل اعتبرت الإقليمية دفاعاً عن منطقة ما ضد أفراد من نفس النوع فقط (إقليمية أفراد النوع الواحد) واعتقد بعض البيولوجيين أنها تطورت كآلية لتنظيم العشيرة – طالما أن إمكانية المساحة بالنسبة للأقاليم تضع حداً لحجم العشيرة. ورغم أنها قد حققت هذا الدور على ما يبدو فمن غير المرجح أن يكونَ تطورها حدث لذلك السبب. وإذا كانت السلوكيات تتطور لتفيد العشيرة لا الفرد فحينئذ لابد أن يكون انتخاب العشيرة مُقتضى ضمناً. ولكن ذلك الانتخاب من غير المرجح أيضاً أن يكون سبب تطور ظاهرة شائعة مثل الإقليمية.

الرأى السائد أن الإقليمية تطورت لتتيح للأفراد حماية أو احتكار الموارد (خاصة الطعام) أو التزاوج أو الاثنين معاً. فمثلاً تذود أسماك العذراء عن المناطق التى تتغذى فى نطاقها. أما فيما يتعلق بالتزاوج فالواضح أن الدفاع الإقليمى يحدث ضد أفراد

من نفس النوع فقط. إن فرصة ذكر قُبّرة المروج فى العثور على زوجة والاحتفاظ بها ليست متوقفة على مجاورة ذكر أبو الحناء. وبالمثل فالأكثر احتمالاً أن يكون اقرب المنافسين على مورد الغذاء أفراداً من نفس النوع. فعشائر الضباع التى بحثت بمعرفة كرْنك فى نجورونجورو كراتر بتنزانيا تدافع عن أقاليم واسعة ضد عشائر أخرى. وكل عشيرة لا تصطاد نفس الفرائس فحسب بل تحاول أفراد إحدى العشائر التسلل إلى إقليم عشيرة أخرى وأكل فرائسها.

تعزز الدراسات على تباين السلوك فى إقليمية أفراد النوع الواحد تحت الظروف المختلفة الاعتقاد بأن الموارد الغذائية تلعب فى أكثر الأحيان الدور الرئيسى فى تحديد ذلك السلوك. فمثلاً أظهر بحث تم فى بيركلى أجراه الايكولوجىّ فرانك بتيلكا وزملاؤه بجامعة كاليفورنيا أن أحجام أقاليم طائر زمار الرمل (الطّيطوى) كانت أصغر فيما يتعلق بمناطق التزاوج حيث يكون فصل النمو أطول والقوت متوفراً بدرجة أكبر، وذلك عن مناطق التزاوج التى يكون فصل النمو فيها أقصر والغذاء أقل. من الواضح إذن أنه فى المناطق بالغة الترف التى تتوزع فيها طيور زمار الرمل تحتوى الأقاليم الصغيرة لأبعد حد، رغم هذا، على موارد كافية للتزاوج الناجح.

تظهر إقليمية أفراد الأنواع المختلفة (وهى التى يدافع فيها فرد من أحد الأنواع عن منطقة ما ضد أفراد من أنواع أخرى) غالباً حين تستخدم أنواع مختلفة نفس الموارد. فأسماك العذراء التى تعيش فوق سطح الشعب تتغذى من جانب على الطحالب التى يرعى عليها التانج المجرم، ومن جانب آخر على تشكيلة من اللافقاريات. وهى فى واقع الأمر تذود عن منطقتها ضد كل ما يتحرك. ومع أن طولها لا يزيد عن بضع بوصات فإنها تهاجم أصابع قدم غوّاص آدمى طوله ست أقدام بنفس الضراوة التى تهاجم بها سمكة عذراء أخرى. من الجلىّ أن أى حيوان ليس مفترساً شديد البأس يمثل تهديداً لموارد هذه القوارت الصغيرة.

حين تذود الطيور عن أقاليمها ضد أنواع أخرى تظهر محاباة أكثر مما تظهره أسماك العذراء، حيث تتصدى فى الأحوال العادية للأنواع شديدة التماثل معها وحسب. ولما كانت أقاليم الطيور كبيرة نسبياً والموارد الكامنة فيها كثيرة التنوع فإن الحائز لمنطقة ما يمكنه المحافظة على مقدار كبير من الطاقة عن طريق مهاجمته للمتطفلين الذين يهددون الموارد التى يستخدمها بصورة مباشرة.

أيّاً كان السبب فى الدفاع عن الإقليم فإن الحيوانات طورت فى كثير من الحالات تحذيرات "التجنّب" التى تنبه الآخرين إلى التزام حدودهم. ومن المفترض أن تقلل هذه التحذيرات الجهد الدفاعى للحائز عن طريق تقليل عدد الغزاة، إذ أن كثيراً من المتطفلين المحتملين ينتبهون إلى التحذير ويوفرون جهودهم بالابتعاد وتجنب المواجهة.

تحت الماء تكون إشارات التحذير مرئية وقد تتضمن مجرد جعل حضور حائز الإقليم واضحاً. فأسماك العذراء المحذِّرة الواقفة فى الماء قريباً من السطح تبلغ قوّاتها المستعدة بالدفاع عن أراضيها الواقعة إلى أسفل فى منطقة الشعب المرجانية. والإشارات قد تكون معقدة أكثر من ذلك. فقد دعيت ذات مرة إلى عرض إقليمى من سمكة قرش طولها ثمانى أقدام راحت تقدم رقصة قصيرة أمامى وعلى بعد خمس عشرة قدماً باسطة زعانفها الصدرية والخلفية المقوّسة. ولما كنت قادراً على فهم التلميح ولست توّاقا إلى المشاركة فى حلقة عن الانتخاب الطبيعى فقد تقهقرت بعيداً - مدخراً الطاقة المهدرة لمواجهة حقيقية.

على اليابسة وحيث تعلّق الروائح فإن الكثير من الثدييات يستخدمها بدءاً بالفئران والأرانب وانتهاء بالذئاب والضباع، وذلك من خلال البول أو البراز أو غدد خاصة لتمييز حدود أقاليمها. ومنذ عهد قريب وجد برت هولدوبلر و إى.أو. ويلسون أن أنواعاً معينة من النمل تستخدم الرائحة لوسم أقاليمها ولحشد رفقائها للدفاع عنها حين تصبح مهددة من جانب المتطفلين.

الإشارات الإقليمية المألوفة لأبعد حد هى بالطبع أغنيات ذكور الطيور. ورغم الاعتقاد فيما مضى بأن الأغنيات وُجدت للتسرية عن الإنسان والتعبير عن البهجة الفطرية فقد أصبح علماء الطيور مقتنعين منذ عهد بعيد بأن احدى وظائف الغناء هى تحذير الطيور الأخرى. والمدهش أن إثبات تلك الفرضية عن طريق التجربة تم مؤخراً. وقد أوضح ج.ر. كربس بجامعة أكسفورد أنه حين أُبعدت الذكور الكبيرة لعصافير تيت الإقليمية (وهم أقارب أوربيّون للقراقف الأمريكية) عن أقاليمها، شغلت هذه الأقاليم من جديد وبسرعة بذكور أخرى لم تكن أعضاء من قبل فى أقاليم. ولكن حين كانت المنطقة الشاغرة "محمية" بواسطة مكبّر صوت يذيع أغنيات لذكور عصافير تيت كبيرة فقد كانت تُشغل ببطء شديد جداً عما إذا كانت خالية أو محمية بواسطة مكبر صوت يذيع لحناً معزوفاً بصفارة من صفيح (كان هدف التجربة "الحاكمة" التأكد من أنه ليس بإمكان مكبرات الصوت أو الضجة العادية فقط القدرة على حث العصافير الأخرى على شغل الإقليم).

تبيّن كذلك أنه كلما زاد عدد عصافير التيت الكبيرة الموجودة فى مكان ما، قل النجاح التكاثرى للعصافير متوسطة الحجم منها. ولذا يتوقع المرء أن تستولى الذكور الفرادى على أقاليم لمحاولة تقليل عدد الحائزين لإقليم آخر فى الجوار. وبالعكس، وكاختيار معقول مسلم به، فالباحثون عن إقليم ينبغى أن يتجنبوا المناطق المألوفة بشدة من قبل. وذلك يفسر على ما يبدو سبب غناء عصافير التيت الكبيرة عدة أنواع مختلفة من الأغنيات وتغيير أنغامها مراراً حين تطير من مجثم إلى آخر - فهى تحاول إعطاء انطباع بأنها أكثر من فرد واحد.

توصل كريس إلى تلك الخلاصة حين وجد أن مكبرات الصوت الفعالة بدرجة أكبر فى تجاربه كانت تلك التى لا تذيع لحناً واحداً بل تبث ألحاناً مستعادة من عدة أغنيات لعصفور تيت كبير. وقد أطلق كريس على فكرة أن حائزى إقليم كانوا يحاولون الاحتيال على الحائزين المحتملين لها اسم "فرضية مغامرة زير النساء". وسوف يتذكر رواد السينما جنود فيلق زندرنيف الموتى المتساندين على كوّات جداره بينما يجرى جارى كوبر بين جثة وأخرى مطلقاً النار من خلال الكوّات محاولاً الاحتيال على هجوم رجال القبيلة المعتقدين بأن الحصن مكتظ عن آخره بالجنود المدافعين. ولقد مرت الخدعة بصورة مرضية لصالح جارى كوبر، غير أن كان اكتشاف ما إذا كانت الفرضية تفسر نتائج كريس سيحتاج مزيداً من التجارب.

السلوك الإقليمى قد يكون آسراً عند ملاحظته. وقد جاءت ديباجتى عن هذا النوع من السلوك كجزء من مشروع بحث لم يقدّر له أبداً أن يكتمل. فمنذ عقدين قررت أنا واثنين من زملائى بجامعة ستانفورد هما بن دان وريتشارد هولم دراسة تأثير غزو الزرزور على عدد وحجم أقاليم قبرة المروج فى جاسبر ريدج. وكانت الزرازير تنتقل بصعوبة فى المنطقة وبدا ذلك وكأنه فرصة مثالية للاستفادة من تجربة طبيعية.

رسمنا خرائط لمناطق قبرة المروج مستعينين بذكر قبرة مروج محنط نخره الفراش من مجموعة الطيور الصغيرة لـ ديفيد ستار جوردان، والتى يصل عمرها إلى نصف قرن. (جوردان هو مبتكر علم الأسماك الأمريكى، وكان أول رئيس لجامعة ستانفورد، وربما يكون الأكثر شهرة بين علماء البيولوجيا فى الجامعة بسبب قوله: كلما تذكرت اسم طالب نسيت اسم سمكة). كانت التجربة التى أجريناها بسيطة. فقد وضعنا الذكر المحنط المعروف باسم جورج في أماكن مختلفة من الأرض المعشوشبة فى حكر جاسبر ريدج. وفى كل مرة كان يُهاجم على الفور من جانب ذكر قبرة المروج الذى كان يندفع نحوه من على بعد مائة قدم أو أكثر. وكان جورج الميت منذ زمن طويل يُرى كمنافس وهو بحالته المهترئة. وقد ظننت أن زخرفة صدر الطائر باللون الأصفر وبنموذج ثنائى الأبعاد عبارة عن حرف V مكتوب باللون الأسود – وهى العلامة المميزة لقبرة المروج – سوف يثير رد الفعل. وفى كل مرة نضع فيها جورج فى مكان ما كنا نلاحظ أى طائر قبرة مروج سوف يهاجمه وحينئذ كنا نتدخل فوراً، وننقل جورج الرث بسرعة إلى مكان آخر. وعن طريق نقله المتكرر وملاحظة مهاجميه كنا قادرين على تعيين حدود إقليم كل قبرة مروج.

لكن الزرازير كانت تتنقل داخل المنطقة ببطء شديد عما توقعنا وفتُر حماسنا المبدئى. وبعد ذلك بوقت قصير ذهبت إلى استراليا متخلياً عن ديك للقيام ببعض أعبائى فى التدريس، وغادر بن ستانفورد وأعيد جورج إلى مجموعة الطيور المحنطة

تاركين قبرات المروج فى سلام. رغم ذلك خلّف رد فعل قبرات المروج لدى انطباعاً عميقاً. إننى أتذكر جورج من جديد كلما سمعت أغنية مميزة من أغانى قبرات المروج، وأصبح لدى منذ ذلك الوقت اهتمام بالإشارات الإقليمية.

الصدفة الثمينة هى التى جعلتنى أنخرط فيما بعد فى دراسة أخرى عن الإقليمية، وهى دراسة كانت معنية بطبيعة الإشارات الإقليمية. وكان ذلك حين قررت أنا وزوجتى آنّى فى عام ١٩٦٥ أن نستقل سفينة فى طريقنا إلى استراليا، حيث كنت سأقضى إجازتى التى تمتد إلى عام وتمنحها لى الجامعة كل سبع سنوات. وكنا نتوق إلى الإحساس بأننا نقطع بالفعل طريقاً طويلاً وليس مجرد أن نثب فجأة إلى ''كان حلال بضع ساعات نقضيها فى أنبوبة من الألمونيوم. وأثناء رحلتنا دعيت للـ . نحت الماء مع الاستعانة بأنبوبة تنفس من جانب هال واجنر كبير الموظفين على سفينة ماريبوزا التى تعمل ضمن خطوط ماتسون البحرية. وسرعان ما وجدت نفسى مثبتاً بكّلاب إلى السفينة وأنا داخل المشهد الرائع لأسماك الشعب الملونة. وقد حدث نفس الشئ فيما بعد فوق جزيرة هيرون عند الحاجز المرجانى الكبير بمساعدة فرانك تالبوت المختص بالأسماك فى المتحف الاسترالى، والذى سبق أن التقينا به كزميل دراسة بعد الدكتوراه يعمل على مجموعة جوردان للأسماك بجامعة ستانفورد.

جمال الشُّعب المرجانية والحركة دائمة التغير فوقها كانا مصدر إغراء عظيم للغاية. وقد أصبحت أنا وآنّى بعد سنوات قليلة حائزين على شهادة الغوص تحت الماء، وبدأنا عمل أبحاث على أسماك الشعب كلما حانت الفرصة. ووقعنا أيضاً فى حب استراليا وفى عام ١٩٧٤ خططنا للعودة إلى هناك. وكان أحد أهدافنا الرئيسية زيارة محطة أبحاث جزيرة السحالى فى المتحف الاسترالى فوق الحاجز المرجانى الكبير. كان فرانك فى ذلك الحين مديراً للمتحف وكنا نرغب فى عمل بحث مشترك منذ فترة طويلة، واتضح أن الزيارة المرتّبة لجزيرة السحالى هى الفرصة النموذجية. لكن ما الذى يمكن عمله فى فترة قصيرة ومحدودة داخل الحقل؟ بدا أن دراسة الإشارات الإقليمية هى الشئ المثالى، طالما أنها لا تستلزم بالضرورة مشاهدات تجرى فى فترة زمنية طويلة.

احد معتقدات علم بيئة أسماك الشعب يعزى إلى الإيثولوجى النمساوى الكبير كونراد لورنز، وهذا المعتقد هو أن المنظر الرائع لأسماك الشعب يعد بمثابة تحذيرات إقليمية. وقد أطلق لورنز على العلامات اسم "ألوان الملصق"، واعتبر أن كل أسماك الملصقات الملونة أسماك إقليمية كما أن كل الأسماك الإقليمية ملصقات ملونة. ولم يكن ذلك يتفق مع مشاهداتى العارضة، حيث إن معظم الأسماك شديدة الإقليمية التى صادفتها كانت أسماك العذراء منها معتمة اللون. وسمك الفراشة فى المحيط الهادئ كان أحد أكثر الأسماك الملونة روعة، وقد لاحظته مراراً وهو يسبح فى أسراب – لم يكن اللون هو نوع السلوك الذى يتوقعه المرء فى الحيوانات الإقليمية.

وعليه قررت أنا وفرانك أن نُخضع فرضية لورنز الخاصة بالملصقات الملونة لاختبار بسيط، ولكنه رغم ذلك اختبار منظوميّ. وكنا سنستخدم فى تجاربنا عدة أنواع من سمك الفراشة الذى كشف عن أمثلة مفاجئة من الملصق الملون لحساب تجاربنا. كان لدى فرانك بعض النماذج الجميلة الصناعية لأسماك الفراشة ذات الحجم الطبيعى والمزخرفة من أحد جانبيها بزخارف تشبه الموجودة على الأسماك الحية، بينما كان الجانب الآخر مطلياً باللون الأبيض. وقد ثبتت تلك النماذج على قوائم خشبية طويلة بحيث يستطيع الواحد منا أن يعرض أىّ جانب من جانبى السمكة بالتحكم فى نهاية القائم الخشبى. وطرنا إلى جزيرة السحالى مصطحبين معنا النماذج وشابين اثنين من زملاء فرانك.

كانت رحلة ميدانية رائعة تضمنت الغوص معظم النهار والغوص فى أحيان كثيرة عند الفجر والغسق أيضاً(*) . وكان الشئ الباعث على الاهتمام بدرجة أكبر فيما لاقينا هو أن وجود النماذج الشبيهة بأسماك الفراشة لم يحدث أية ردود أفعال تتشابه ولو من بعيد مع استجابات قبرات المروج لوجود جورج. فالأسماك اقتربت بصورة عادية لكنها لم تهاجم جانب النموذج الشبيه بجانب السمكة الحقيقية، وحاولت أحياناً أن ترعى مع النماذج الشبيهة بنوعها. وأظهرت استجابة ضعيفة أو لم تبد أيّة استجابات تجاه الجانب الأبيض (الحاكم) للنموذج.

إن أفراد نوع واحد فقط من الأنواع الثمانية لسمك الفراشة الذى خضع للتجربة اعتدت على النماذج وهاجمتها بشراسة حين وُضع نموذج (من نوع مختلف) قريباً من الصفيحة المرجانية المسطحة الواقعة عند ذروة الشعب والتى يتجمع عندها أفراد النوع المهاجم. ولم يحدث فى أيّة حالة أن أدى ظهور النموذج إلى اندفاع فرد للهجوم من على أى بعد مثلما فعلت قبرات المروج حين ووجهت بجورج. والمشاهدات المنظومية الخاصة بالعلاقات بين أسماك الفراشة قدمت أيضاً بعض الدليل على أن ألوان ملصقاتها تستخدم كإشارات إقليمية. والواقع أنها كانت أثناء النهار، عادة وبشكل محدد، غير إقليمية، فهى تتجول على مدى واسع فوق الشعب فرادى أو فى أزواج وإن كانت قد شوهدت فى جماعات تصل إلى ثلاثة عشر فرداً.

العلاقات الإقليمية الأساسية التى شاهدناها كانت عند الغسق حين استقرت الأسماك فى أماكن راحتها الليلية. وقد أمكننا التعرف على أفراد كثيرة عن طريق الاختلافات البسيطة فى علاماتها. واكتشفنا على الفور أن هذه الأسماك التى أمكن تمييزها (ويفترض ذلك أيضاً بالنسبة لمعظم الأسماك الأخرى) تنام فى نفس الأماكن

---

(*) الغوص عند الفجر والغسق كان ضرورياً لأن الكثير من الحركة على سطح الشعب يجرى أثناء الانتقال من النهار إلى الليل – وتصبح الأنواع المختلفة من الأسماك نشيطة فى هذين التوقيتين – كما أن سلوكاً إقليمياً ما قد يظهر فى تلك الأثناء ولا يمكن رؤيته فى أى وقت آخر.

كل ليلة. كان بعض أنواع سمك الفراشة عدوانياً جداً في الدفاع عن مناطق الراحة وهو يطارد الأفراد الأخرى. وتبيت أنواع أخرى مشاعّياً فى الرءوس المرجانية، وأثناء بياتها تصدم الأفراد الأكبر الأفراد الأصغر وتقرصها. لكن معظم هذه العلاقات ظهرت فى مساحة ضيقة – "الإقليم" فى مجثم لم يكن يزيد عن بوصتين من جانب لآخر. وقد تبدت كل هذه العلاقات بعد أن بهتت الألوان البراقة للملصق متحولة لنماذج ليلية معتمة.

هكذا تم دحض فرضية لورنز تماماً بطريقة بارعة. ففى معظم أسماك الشعب المرجانية ذات الملصق المشرق الألوان لم تؤدّ الألوان الزاهية وظيفتها بوضوح كعلامات إقليمية. لكن إذا كانت ألوان الملصق لأسماك الشعب ليست علامات إقليمية فلماذا تطورت إذن؟ جزء من إجابة السؤال على ما يبدو متعلق بالتعرف على النوع، بمعنى أن ألوان الملصق قد تكون مهمة فى مساعدة أفراد أزواج أو جماعات أكبر على بقاء كل منها فى مجال نظر الآخر. وقد تقوم الألوان الزاهية بدور المذكّر للمفترسات التى حاولت اصطيادها من قبل إلى أن سمك الفراشة من الصعب صيده أو أنه ذو أشواك ولا يبتلع بسهولة. أو قد تفيد بوصفها شكلاً مختلفاً من أشكال الدفاع ضد المفترس. فالأسماك تغدو واضحة بجلاء حين تبدى جوانب أجسامها الملونة مثل الملصق. ولكنها حين تستدير لتفر لا يظهر منها للمفترس إلا منظرها الضيق جداً من ناحية الظهر والذيل حيث تبدو وكأنها تتلاشى بعيداً عن الأنظار. وقد تجد المفترسات هذا "التلاشى" المفاجئ مربكاً فى لحظة هجومها مما يتيح لسمك الفراشة فرصة الهروب. وعليه فما اعتقد لورنز أنه ذو وظيفة واحدة ربما يكون له عدة وظائف.

طالما أنه قد توجد علاقات إقليمية عدوانية فيما بين الأفراد والجماعات فالانطباع الأول هو أنه حين تظهر أفراد غير إقليمية مع بعضها البعض يوجد سلام نسبى داخل الجماعة. وباستثناء الشجارات العابرة التى تستغرق وقتاً قصيراً يظهر قطيع من الكلاب البرية، وفوج من الدجاج، أو سرب يرعى من أسماك التانج كتجمع غير عدواني. ورغم ذلك أنجز العالم النرويجى ثورليف شجيلديرب إبّى فى العشرينات بعض التجارب الرائدة على أفواج الدواجن، وهى التى أبرزت هذه الفكرة عن سهولة العلاقات بين الأفراد فى الفقاريات. وقد أوضح هو وخلفاؤه أن السلام يعم فى الأفواج "الراسخة" لأن أفرادها حسمت أمرها من قبل بالقتال فيما بينها وحددت من هو الأفضل فى التزاحم من أجل الطعام. وفور توطد "نظام التقاط الحبوب" فإن الدواجن تتذكره دوماً – كل دجاجة تعرف متى تكون سيدة ومتى تكون خاضعة، وإذا أضيفت دجاجة جديدة إلى الفوج فإنها تشترك فى سلسلة معارك تحدد علاقاتها مع باقى الدجاج.

فى أفواج الدجاج يحافظ نظام التقاط الحبوب (وهو شكل يُسمَّى عادة مراتبيّة السيادة) على الاستقرار الاجتماعى. فهؤلاء القريبون من القمة فى تسلسل السيادة لديهم بلا شك صلاحية متزايدة بسبب فرصهم الممتازة فى الوصول إلى الغذاء وفى مواقع التعشيش وهلم جرا. أما الطيور الخاضعة بدرجة أكبر فرغم أن فرصها فى الوصول إلى الطعام ليست الأحسن إلا أنها تصبح على الأقل قادرة على الاستمتاع بفوائد الجماعة وتعيش دون إزعاجات مزمنة من المتنمِّرين.

مراتبيات السيادة ظاهرة اجتماعية واسعة الانتشار بين الفقاريات وإن كانت تختلف بدرجة كبيرة فى شدتها وتنظيمها. وبالنسبة للثدييات العدوانية مثل الضباع فإن وجود نظام مراتبى للسيادة راسخ تماماً يبدو السبيل الوحيد الذى تستطيع معه الحيوانات معاشرة بعضها البعض دون نتائج مهلكة للجميع. وإيماءات الاسترضاء باستعمال عضو الذكورة مهمة للغاية فى الحفاظ على السلام داخل مجتمعات الضباع. والواقع أن أهميتها تصل لحد أن الإناث طورت قضيباً كاذباً لا يمكن تمييزه عن القضيب الحقيقى وذلك كى تستطيع فعل هذه الإيماءات التى لا غنى عنها اجتماعياً. ويرى البعض أن هذا هو مصدر القول القديم أن "ضحكة" الضباع دلالة على متعتها الحسية وإلى قدرتها على أن "تغير الجنس".

مراتبيات السيادة فى الطبيعة عند بعض الجماعات محل شك. فمثلاً بعد عملنا الأصلى فوق الحاجز المرجانى الكبير كنت أنا وآنّى نوجه مرايا نحو أسماك الشعب المرجانى وهى فى مواطنها الطبيعية. وقد أحدث هذا أحياناً هجمات عنيفة من جانب الأسماك على صورها فى المرايا، وهى أفراد لأنواع غير إقليمية مسالمة من نواح أخرى على ما يبدو. وقد اقترحت نتائجنا شيوع مراتبيات السيادة بدرجة أكبر بين أسماك الشعب عما كنا نظن من قبل. وفى أحوال كثيرة ظهرت هجمات الأسماك على الصور فى المرايا وكأنها بين مجموعتين من الأفراد من نفس النوع يجهل كل منهما الآخر. ومن المفترض أن كل فرد يعرف مكان الآخر فى نظام السيادة من قبل، ولكن كل فرد حقيقى هنا كان يحاول أن يوطد مكانته بالنسبة لـ "الغريب" الموجود فى المرآة. لقد فسرت كل سمكة صورتها الخاصة بطريقة مماثلة لدخول دجاجة جديدة إلى فوج من الدجاج. ولو كانت للأسماك قدرة ذهنية لاندهش المقاتلون من بينهم بكل تأكيد من مثابرة خصومهم. فكل واحد منهم كان يبدو حائراً حين يختفى مواجهه خلف المرآة فى كل مرة يشنّ فيها السمك المعركة. وكثيراً ما كان رفع المرآة من الماء بعد نحو ساعة هو فقط الذى ينهى "القتال".

وفَّرت هذه الأبحاث إضافة مشوقة. فالأسماك عموماً أوجدت فى المرآة رأساً مثابرا على الهجوم الضارى. وقد وجّه أحد أنواع السرجون ضربات عنيفة متكررة إلى المرآة

بـ"المشارط" العظمية الموجودة على كل جانب من جانبي قاعدة ذيله (اكتسب اسمه الشائع من تلك المشارط). وكان من شأن ذلك أن يؤكد الشك القديم عند المشتغلين بعلم الأسماك في أن المشارط تلعب دوراً في علاقات إقليمية أفراد النوع الواحد علاوة على كونها وسائل دفاعية ضد المفترسين.

الإقليمية ومراتبيات السيادة متضافرتان معاً في الحياة الاجتماعية لبعض أسماك الشعب كما أبدت ذلك اللّبروسات المنظِّفة، وهي أسماك صغيرة تكسب عيشها من الأسماك الأخري بالتقاط الطفيليات والحراشف الميتة من فوق أجسامها. وفي منظِّف واسع الانتشار جداً في تاهيتي يسمى "سمك الفردوس" تكون الذكور إقليمية بدرجة كبيرة ولها حريم في نظام قائم على مراتبية السيادة. وأوضح د.ر. روبرتسون في بحث مشهور أنه حين يموت الذكر فثمة نتيجتان محتملتان. إحداهما أن يقوم ذكر إقليم ملاصق بنقل الأرامل إلى إقليمه وضمهم لحريمه، والنتيجة الثانية هي أن تبدل الأنثى السائدة نفسها بسرعة إلى ذكر وتتولى السلطة على الحريم قبل أن يفعل ذلك ذكر آخر. والواقع أن كل ذكور سمك الفردوس كانوا إناثاً مهيمنات من قبل. ولكن من في أفراد هذه الأسماك سيتزاوج، بل من سيتزاوج كذكر ومن سيتزاوج كأنثى، هذه مسألة تتحدد بتضافر السلوك الإقليمي والسيادة.

كيف يتم الحصول على أزواج؟ إن تكوين الأزواج – أو أي تجمعات تكاثرية أخرى– وأنماط الرعاية الوالدية للأبناء معروفة إجمالاً بأنها نظام تزاوج الكائنات الحية. وتظهر الحيوانات تنوعاً مدهشاً في نظم التزاوج – كما يوحي بذلك نظام اللّبروسات المنظفة – وقد شكّل التطور بالطبع نظم التزاوج هذه، كما شكّل الآلية الجنسية ذاتها.

إن المدخل لفهم نظم التزاوج هو الاستثمار الأعظم للطاقة التي تضعها الأنثى دائماً في كل بيضة مخصبة، والتي تبذلها في تنشئة كل من أبنائها مقارنة في ذلك بالذكور. والاستثمار الأعظم للطاقة في طور البويضة لا مفر منه لأن الإناث تنتج أمشاجاً أكبر وبالتالي لابد أن تبذل طاقة أكثر في إنتاج كل مشيج. وفي الإنسان، كمثال، تكون البويضة أكبر آلاف المرات من الحيوان المنوي. وقد يتساءل القارئ عما إذا كانت الإناث تنتج دائماً أمشاجاً أكبر. وأستطيع أن أجيب بـ "نعم" وبثقة نادرة بالنسبة لإجابة عن سؤال يتعلق بعلم الحياة، بسبب الكيفية التي يُحدد بها الذكر والأنثى الأمر عن طريق الأحجام النسبية لأمشاجهما. والاستثمار غير المتماثل من الجنسين كثيراً ما يظل متفاوتاً بدرجة أكبر حين تتوافر الرعاية الوالدية من جانب جنس واحد فقط. ومعظم الحيوانات وليست كلها تتبع النمط السائد بين البشر وهو بذل الأنثى مجهوداً أكبر عادة من الذكر في تنشئة الأبناء.

طالما أن الذكر يبذل جهداً أقل بكثير من الأنثى فى تربية الفرد الواحد من الأبناء لذا فالذكور من حيث الإمكانية تستطيع التكاثر غالباً بدرجة أكبر من الإناث. ولننظر للأمر بطريقة أخرى: الذكر يضع إمكانيته التكاثرية فى دائرة الخطر فى كل جماع. فمثلاً لو أنه يتحتم أن يتزاوج مع امرأة عقيم فسيظل لديه فرص كثيرة للجماع مع إناث خصبة. وفى المقابل تخاطر النساء فى كل جماع بدرجة أكبر بكثير - الواقع أن الأنثى فى بعض الأنواع تستقبل مدد العمر كله من الحيوانات المنوية فى جماع واحد. ولو حدث هذا مع ذكر عقيم فربما لا تكون لديها فرصة أخرى لتعويض الخسارة. ونفس الشئ يحدث فى كل حالة مماثلة، ولذا يتوقع المرء أن تكون الذكور حسنة التمييز بدرجة أقل من الإناث. إن تزاوجاً وحيداً مع شريك أدنى درجة فى تركيبه الوراثى قد "يضيّع" نسبة ضئيلة فقط من إنتاج الذكر للأمشاج. أما الخطأ المماثل فى حالة الأنثى فيعنى أن فرصتها فى انتقال جيناتها إلى أجيال تالية قد ضاعت.

بناء على هذا الضرب من التعليلات افترض إى.أو. ويلسون أن النظام الأساسىّ للتزاوج فى الحيوانات هو تعدد الزوجات - حيث يتزاوج الذكر الواحد مع أكثر من أنثى ويحاول عادة احتكارهن. ومن المفترض أن النظم الأخرى وهى الزواج الأحادى (ذكر واحد مع أنثى واحدة) وتعدد الأزواج (عدة ذكور مع أنثى واحدة) قد تطورت من نظام تعدد الزوجات حين خضع للضغوط البيئية.

لكن ثمة عملاً إلى جانب اللهو بالنسبة للذكور فى نظم التزاوج القائمة على تعدد الزوجات، فهم يجب أن يصارعوا لاحتكار الإناث. ويتخذ هذا الصراع أشكالاً كثيرة. فيشمل، مثلاً، معركة ضخمة للحصول على الإناث (منافسة التزاحم). ويحدث هذا الشكل من الصراع عند بعض أنواع الضفادع التى تبدأ عملية التزاوج حين تتجمع الذكور عند البرك ويبدون استعدادهم جميعاً وفى آن واحد للتزاوج. ولدى وصول الإناث ينقض عليهن عدد من الذكور فى الحال ولكن الذكر الأكبر هو وحده الذى ينجح عادة فى التزاوج.

فى كثير من الثدييات (ولعل القارئ يتذكر بهذه المناسبة السمك المنظِّف) يتخذ الصراع شكل التجمع والدفاع عن الزوجات، وفى ثدييات أخرى كثيرة وعديد من الطيور تكمن الحيلة فى أن يجد الذكر إقليماً غنياً ومغرياً (للأنثى). وتشترك ذكور أنواع عديدة أخرى من الحيوانات فى تجليات جنسية مشاعية معلنة عن سلعها (ومن المفترض عن صلاحياتها) بحيث تستطيع الإناث اختيار الأفضل من بينها.

لماذا يوجد ذلك التنوع فى طرق تنظيم التكاثر الجنسى؟ الإجابة هى أن الأمر يجرى فى بيئات كثيرة مختلفة - بعض البيئات، مثلاً، ذات توزيع متفاوت للموارد. ولفهم تأثير الاختلافات البيئية على نظام التزاوج دعونا نتأمل نوعاً افتراضياً لطائر إقليمى.

نفترض أن الطيور الذكور تحوز أقاليم فى مساحة، الموارد فيها (ولتكن الحشرات الملائمة لها كطعام) موزعة على نحو متفاوت بشدة. حينئذ تكون الذكور المتفوقة هى القادرة على حيازة المناطق الأجود (المناطق التى تحتوى على معظم الحشرات) وذلك فى الواقع هو ما يجعلها توصف بالتفوق. وهكذا تصبح تلك الذكور هى الرفاق المرغوبة أكثر من غيرها لأن فرص النجاح فى تربية الصغار كبيرة فى منطقة وافرة الموارد. وستختار الإناث بطبيعة الحال التزاوج مع الذكور المتفوقة. ويفضى ذلك الاختيار إلى نظام تعدد الزوجات.

من أجل أن نفهم كيف يحدث ذلك دعونا نتأمل مأزق أنثى بلا زوج لو أن كل الذكور المتفوقة تزاوجت من قبل. إنها إما أن تتزاوج مع طائر أدنى مرتبة أو أن تصبح الزوجة الثانية لذكر حائز على إقليم غنى بالموارد. فى الحالة الأولى يكون لديها فرصة ثمينة فى الوصول إلى ذكر، إقليمه محدود نسبياً فى تربية الصغار. وفى الحالة الثانية يتحتم أن تتقاسم الموارد الغنية مع كل من الذكر (الذى قد يساعد فى رعاية الأبناء) وأنثى أخرى. إن الاستراتيجية الأنفع تتوقف على الثراء النسبى للأقاليم. والحدّ الذى يغدو عنده توزيع الموارد متفاوتاً بدرجة تكفى لجعل التقاسم مرغوباً يسمى حدّ تعدد الزوجات. ولو زاد التفاوت لدرجة كبيرة فقد تفضل الطيور نمواً كبيراً فى تعدد الزوجات داخل أفضل الأقاليم.

هذه الافتراضات معقولة تماماً، ولكن هل توجد أيّة معلومات من الطبيعة تشير إلى أن توزيعاً ما للموارد يؤثر فى نظم التزاوج على ذلك النحو. يثبُت فى النهاية أن ذلك موجود. فقد درس جيرد فيرنر فى أوائل الستينيات عشائر صَعْو المستنقعات الطويلة المنقار فى ولاية واشنطون. وهى طيور بنية صغيرة ذات خط أبيض فوق كل عين من عيونها وخيوط بيضاء كثيرة فوق ظهورها. وهى كما يشير اسمها تتوطن المستنقعات حيث تضع أعشاشها فوق سيقان السمّار وغيرها من النباتات. وقد وجد فيرنر أن التزاوجات ثنائية الزوجات (ذكر واحد يتزاوج مع أنثيين) قد حدثت أيضاً عندما يحوز ذكر أعزب أقاليم تخص زوجتيه كانت متاحة بالقرب منه. وكما هو متوقع فإن ذكور الصَعْو ذات الأقاليم الأغنى فى الموارد كانت هى الذكور التى اكتسبت إناثاً إضافية. ووُجد نفس النموذج عند الطيور المراحة والشحارير حمراء الأجنحة، وما يدعو للاهتمام أنهما يتزاوجان فى منطقة المستنقعات أيضاً، حيث تبدى نوعية الموارد اختلافات كبيرة حسب المكان.

علاوة على الطيور فإن تعدد الزوجات شائع فى الثدييات. وإحدى أكثر الدراسات اجتهاداً عن الثدييات متعددة الزوجات هى الدراسة التى أجريت على المرموطات ذات البطن الصفراء وهى من القوارض الجبلية الكبيرة قريبة الصلة بمرموطات الخمائل. وقد انخرط صديق العمر كينيث أرميتاج وطلابه على مدى عقدين فى دراسة مضنية

وخصبة على ديناميات عشيرة مرموط وسلوكها الاجتماعى بالقرب من معمل بيولوجيا الجبال الصخرية فى كلورادو. وعلى مدى سنوات نصب كين الشراك لمئات المراميط ووضع فوقها بطاقات دائمة وصبغ فروها وأطلق سراحها. وبعدئذ قضى هو وطلاّبه ساعات لا تعد ولا تحصى فى مراقبة المراميط المصبوغة والموسومة – وبذلك كانوا يعرفون الجنس والوزن والحالة العامة لكل فرد منها. وسجل كين بيانات بـ "السلوكيات السلميّة" (التحيات والعناية المتبادلة) و"السلوكيات الجنسية" (التشمم الجنسى والعناق والمغازلة والمجامعة) وسلوكيات الصراع (المطاردات، التهربات، المشاجرات والاجتنابات). وقد أثمرت برامج نصب الشراك والملاحظة دليلاً ضخماً يبين بالتفاصيل أى المراميط قريباً من الآخر ومن الذى فعل كذا ومن ذهب ومن جاء. وأجرت مجموعة أرميتاج، كذلك، فى المعمل تشكيلة من الدراسات عن فسيولوجية وسلوك المرموط تتضمن اختبار استخدام المرايا، وعن استجابة أفراده لأفراد أخرى (وقد أخذت الفكرة أنا وآنّى فى تجاربنا بالمرايا على أسماك الشعب).

وجد كين أن ذكور المرموط تدافع عن أقاليمها أربعة أو خمسة أشهر فى العام (وتُسْبِت باقى السنة). ويحدث التزاوج عادة بأفضل صورة فى الربيع بعد ما ينتهى السّبات. وفيما بعد وقرب نهاية فصل النشاط تتنقل الإناث بحثاً عن المواقع الجيدة لقضاء الشتاء الطويل فوق المرتفعات. فى ذلك الوقت توجد ذروة ثانية للنشاط الجنسى. ويدا للوهلة الأولى أن نوعية إقليم الذكر – وخاصة مواقع السبات داخله – تلعب دوراً فى تجنيد الزوجات بالضبط مثلما يتحكم إقليم ذكر صَعْو المستنقعات فى عدد الإناث.

منذ وقت قريب أعاد كين النظر فى المعلومات التى جمعها على مدى أكثر من عقدين وانتهى إلى أن حدسه المبكر عن ذكور الأقاليم كان غير دقيق. ويبدو فى الواقع أن النمط السائد هو نمط تتنقل فيه الذكور داخل المناطق المرغوبة المشغولة بجماعات قريبة الصلة من الإناث. وأن الذكور الأكثر هيمنة هى القادرة على السيطرة على إناث أفضل المواقع والدفاع عنها ضد غيرها من المرءوسين. ولا يبين هذا أن نظم تعدد الزوجات يمكن أن تنجم فقط عن عملية ذات آليات مختلفة (نابعة من التوقع النظرى أو من الارتباط باختلافات البيئة على السواء) بل أنها توضح أيضاً على الفور ومن جديد الأهمية الكبيرة للدراسات البيئية طويلة المدى المتعلقة بالتطور والتى توظف تشكيلة واسعة من النُّهج. النظم الاجتماعية للحيوانات تميل الى التعقيد وإلى استخدامعلاقات بارعة على حد سواء. والانطباعات أولاً وحتى أخيراً يمكن أن تصبح غير صحيحة(*).

(*) فى مثال مشوق آخر أظهرت الدراسات طويلة المدى أن الانطباع الأوّلى عن سلوك الدب الأحمر غير دقيق. حيث أشارت الملاحظات فى مدى قصير إلى أن ذكراً واحداً مهيمناً يقوم بمعظم عمليات التزاوج ويرعى معظم الأبناء. لكن الملاحظات على مدى طويل أفضت إلى اكتشاف أنه فى حين أن ذلك صحيح خلال فصل إلا أن سيادة الذكر الوحيد قصيرة الأمد. وبينت دراسة الحيوات الكاملة للدببة الحمراء أن التفاوتات فى التكاثر بين ذكورها كانت ضئيلة لحد كبير – فالذكر الذى يُقْصى فى عام ما بعيداً عن الإناث الولودة قد يعتليهن فى العام التالى.

تخوض ذكور بعض الثدييات أكثر من معركة ضد ذكور أخرى فى منافسات التزاحم أو الدفاع عن الحدود الإقليمية كى تتمكن من الوصول إلى الإناث. فمثلاً، الجماعات العزباء المتجولة من ذكور الأسود تحاول الاستيلاء على عرائس من اللبؤات التى تحميها جماعات أخرى من الذكور كملكية مطلقة. وحين تنجح المحاولة تسوق الذكور الجديدة الأشبال الكبيرة وغالباً ما تجهز على الأشبال الصغيرة التى أُنجبت عن طريق الجماعة السابقة من الذكور. (كثيراً ما تحاول الإناث الدفاع عن الأشبال وحتى الموت أحياناً) ويبدو أن قتل الأشبال استراتيجية للتعجيل بجعل الإناث التى لا تكون فى حالة نزاء أثناء رعايتها للصغار متقبّلة جنسياً للذكور الجدد. وبما أن جماعة من الذكور فقط تنجح فى الدفاع عن إناثها عامين فى المتوسط فإن الوقت يكون جوهرياً وتغدو الأسود القاتلة للأشبال مفضلة من جانب الانتخاب على الأسود غير القاتلة. وبالمثل حين يموت الذكر المتسيد من ذكور غوريلّات الجبل "فضية الظهر" فإن الذكر الذى يتولى القيام بدور السيادة فى الجماعة غالباً ما يقتل الصغار الذين أُنجبوا بواسطة الذكر الأخير(*) .

على الرغم من ذلك فليست ذكور الفقاريات فقط من تحاول استغلال الإناث. ففى فراشات رقعة الشطرنج وكثير من الفراشات الأخرى يقوم الذكر بعد أن يلقح الأنثى بوضع سدادة شمعية فى فتحتها التناسلية حائلاً بذلك دون تلقيح ثان (يوضع البيض من فتحة منفصلة). وقد أوضح تلميذى بات لابين بسلسلة من التجارب الماهرة أنه إذا "أعيدت البكورة" صناعياً لأنثى فراشة الخليج الشطرنجية بإزالة السدادة (لا إزالة الحيوانات المنوية) وتزاوجت بعد ذلك من ذكر ثان فإن الحيوانات المنوية للتزاوج الثانى هى فقط التى تخصب البويضات. وهذه الأسبقية للحيوانات المنوية تكشف لم يتحتم على الذكور وضع سدادات – إنها تحمى مكانتها الوراثية. وبمعنى ما فالإناث المتزاوجة مع ذكر وحيد تشكل نوعاً من تعدد الزوجات "على مستوى الزمان" وإن لم يكن على مستوى المكان.

أحد الأمثلة المدروسة بقدر كبير من التمكن هو المثال الخاص بذكور تحاول احتكار إناث، وهو يتبدّى فى المنطقة الكريهة، بلا شك، لروث الثدييات. والاحتكاريون هم ذباب الروث (سكاتوفاجا) الذى يتسكع بالقرب من مرابض البقر – والمضطر لفعل هذا لأنه

(*) لقد حُزِرَ بأن الزيادة فى الإيذاء الجسدى للأطفال فى الولايات المتحدة فى العقود الحديثة (كثير منها يتم من جانب الرجال الأصدقاء للنساء وأزواج الأمهات) يمكن أن تكون ظاهرة مماثلة ومرتبطة بالزيادة فى معدل الطلاق.

أفضل مكان للعثور على إناث. ومع ذلك لا تقرب إناث ذباب الروث من المرابض إلا حين تكون جاهزة لوضع بيضها هناك، ولذا تفوق أعداد الذكور عموماً أعداد الإناث، وحين تصل الأخيرة يحدث التزاوج. وإن لم يتيسر وصول إناث جدد فإن الذكور تحاول التزاوج عن طريق الإزاحة المتسمة بالعنف للذكر الذى تسافد من قبل أو تحاول التزاوج بالتسافد مع أنثى لا تزال تضع بيضها.

يراقب ذكر ذبابة الروث بانتباه الأنثى التى تسافد معها للتو حتى فترة وضعها للبيض ليحُول دون ذكر ثان . وسلوك الحراسة هذا مفهوم لأنه فى ذبابة سكاتوفاجا كما فى ذبابة إيوفايدرياس توجد أسبقية للحيوانات المنوية. وبالتالى يحاول كل ذكر حماية مكانته الوراثية حتى يوضع البيض. وتظهر ذكور ذبابة العذراء شكلاً فائقاً من هذا النمط لسلوك الحراسة، فهل تظل عادة ملتصقة بالأنثى جسدياً طول فترة وضعها للبيض. وذكور ذبابة العذراء لها أعضاء خاصة فوق فتحاتها التناسلية تستخدمها لإزالة الحيوانات المنوية للذكر السابق من داخل القناة التناسلية للأنثى - هكذا يقوم الذكر بمخاطرة كبيرة يفقد فيها مكانته الوراثية ما لم يحرس أنثاه. ويذكرنا سلوك هذه الحشرات بشكل ما بذكر أسد البحر "سيد الحريم" الذى يظل يحرس مجموعة إناث حوامل فوق الشاطئ حتى يضعن صغارهن وبعدئذ تكون لديه الفرصة للتزاوج معهن. إنه مستعد، كذلك، لخوض معركة كى يصعِّد لأقصى حد إمكانية وصول جيناته إلى الجيل التالى.

فضلاً عن أن الذكور يحرسون "مورد" الأنثى بصورة مباشرة فإن نظم التزاوج القائمة على تعدد الزوجات تتضمن عروض مغازلة مشاعية فوق ساحة عرض تقليدية تسمى "ليك"، يحرس الذكر فى نطاقها مساحة مرغوبة بصورة خاصة. والسلوك الاستعراضىّ الشعائرى للطيهوج وأقربائه مألوف عند مشاهدى أفلام الطبيعة. فالذكور تتجمع فى مكان العرض ثم تتقدم مختالة بقدراتها نافشة ريشها بديع الألوان ومظهرة أعرافها المتنفخة فوق رقابها، مطلقة نداء إيقاعياً مميزاً وأخيراً تنخرط فى الرقص. وتختار الإناث أزواجها من بين الذكور المستعرضة، ويقع الاختيار فى العادة على الفرد المهيمن الذى يحتل مساحة ممتازة من ساحة العرض. إن قيمة إقليم الذكر ومن ثم فرصه فى التزاوج مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بوضعه فى نظام مراتبية السيادة. ونتيجة لذلك وعلى سبيل المثال لوحظ أنه فى حالة الطيهوج الأسوداستخدم ثلث الذكور فقط للقيام بثلاثة أربا ع التزاوجات تقريباً. وبعد التزاوج تغادر الإناث مكان العرض لتضع بيضها ولا يعود لدى الذكور شىء تفعله معها أكثر من ذلك.

بعض ذكور الحشرات ومنها بعض ذباب الفاكهة تقوم بعروض فى ساحات عرض. ولكن كل تجمع للذكور ليس بالضرورة تجمعاً من أجل التزاوج. ويبدو أن فراشات رقعة الشطرنج لديها استراتيجيتان مختلفتان للحصول على أزواج. فلو كانت هناك أرض جرداء وخاصة فوق قمة تل فإن الذكور تحط فوقه وتتصادم لدى عبور الأشياء التى تتضمن ذكوراً أخرى وإناثاً وأفراداً من أنواع مختلفة. وهدف اللعبة بالطبع ليس تجنب الإناث العذارى بل مطاردتها (أحياناً بأكثر من ذكر واحد) والتزاوج معها. وفى موقف كهذا يكون لعلاقات الذكور بالذكور نموذج رتيب يتبدى فى أن يقوم أحد الذكور بالدفاع عن منطقة حَطٍّ ضد ذكر آخر. (لسنا قادرين حتى الآن على إجراء التجارب الحاسمة لنرى ما إذا كان هذا فى الواقع حالة خاصة بفراشات رقعة الشطرنج، ولكن الحالة تظهر فى بعض الفراشات الأخرى). الاستراتيجية الثانية هى أن يخفر ذكر فراشة رقعة الشطرنج مساحات شاسعة قد تظهر الإناث العذارى فيها وحينئذ يغرى من يعثر عليهن.

فى الموقع الجبلى الذى وصف فى بداية هذا الكتاب لاحظت أنا وداريل هويى فى عام ١٩٨٣ وجود كثافة عالية بين الذكور المتفاعلة ووجود القليل جداً من الإناث العذارى أو غير العذارى فى الطريق على امتداد حكر جاسبر ريدج. وقد وُجدت معظم الإناث عند أسفل المنحدرات بينما حطَّت الذكور معاً على الأرض فى مناطق الخضرة المتناثرة والمخفورة ولكن بكثافة أقل. ولقد دفعنا هذا للتساؤل عن سبب مطاردة الكثير جداً من الذكور كل منها للآخر على امتداد الطريق مع أن معظم الإناث العذارى كانت فى مكان آخر. فهل كان الطريق بالفعل ساحة استعراض "ليك"؟

لم نكن أنا وداريل راغبيْن فى قبول إجابة مثل إننا قد كشفنا النقاب عن جماعة فراشات لوطية. وكانت الفرضية المعقولة بدرجة أكبر هى أن كثيراً من الإناث يذهب عند الضرورة إلى قمة الحكر للتزاوج بنفس الطريقة التى تقترب بها إناث الضفادع أو الطيهوج من ساحة استعراض الذكور. وبعدئذ تهبط إلى أسفل على الفور لوضع البيض حيث يوجد عدد أقل من الذكور المزعجة بغاراتها المتكررة. ونظراً لأننا نادراً ما لاحظنا الفراشات فى حالة تزاوج داخل الموقع فقد كان السؤال المطروح هو كيف تختبر تلك الفرضية.

كان داريل هو الذى تقدم باقتراح بسيط ورائع: أن نرش الأعضاء التناسلية للذكور بحبيبات الفلوريسنت، وأصبح الاقتراح تجربتنا الكبيرة فى حقل كلورادو لعام ١٩٨٤ ووسمنا أكثر من ١٢٥٠ فرداً من الفراشات. وكان فعل التقنية مثل التعويذة وأثبت فى النهاية أن تجمع قمة التل قد تزاوج منه بالفعل حوالى النصف فقط بالنسبة لذكور المنحدرات السفلية الأقل تركيزاً من حيث العدد. من الواضح أن الذكور التى تصعد إلى القمة باتجاه المساحات الجرداء تكون لديها فى المتوسط فرصة أقل فى التزاوج من

فرصتها فيما لو أنها ظلت فى مناطق العشب الكثيف نسبياً عند أسفل المنحدر. ولكن الذكور التى حطّت أو خفرت جانباً من الطريق الصاعد على المنحدر تبين أنها، على الأقل فى عام ١٩٨٤، هاجمت من مكمنها معظم الفراشات العذارى قبل أن تصل إلى المنطقة المجاورة للذكورة التى قطعت معظم الطريق على المنحدر إلى القمة. وفى السنة التى تكون العشيرة فيها أقل كثافة قد تحصل الذكور التى تقطع كل الطريق صعوداً إلى القمة على ميزة التزاوج، ولكن خلال دراستنا حيث كانت الكثافة عالية لم يحدث هذا. وإذا كان الطريق ساحة استعراض فإنه، إذن، ساحة مشغولة بالذكور الناجحين نسبياً.

لو كان تعدد الزوجات هو القاعدة عند معظم الحيوانات فتحت أية ظروف يتوقع المرء أن يجد عكس ذلك، أى تعدد الأزواج الذى تحتفظ فيه الإناث بـ "عديد" من الذكور؟ رغم أنه الأندر بين نظم التزاوج الرئيسية الثلاثة إلا أنه يحدث فى واقع الأمر. الإناث متعددة الأزواج مضطرة بوضوح لأن تكون مُعْتقة - أى حرة فى التزاوج بأزواج مختلفة على نحو متكرر. وعدا ذلك فالذكور لا يصبحون "حريماً" لأن الذكر لن يزداد صلاحية بمرافقة أنثى مقيدة فى البيت ترعى نسل شخص ما من مكان آخر. والفكرة فى النهاية هى أن تنقل جيناتك الخاصة. (وقد لا يكون هذا حقيقياً بالطبع إن كانت الأنثى قريبة الصلة، حيث وكما فهمنا أن نُسخ جينات فرد يمكن أن تعزز بمساعدة الأقارب).

قليل من أنواع الطيور متعدد الأزواج. فمثلاً عند اليَقَنَة الأمريكى تصبح القواعد المعتادة المتعلقة بالجنين معكوسة تماماً تقريباً. وتدافع ذكور هذه الطيور الخوّاضة الشبيهة بالتُّفلق عن أقاليم صغيرة فى مستنقعات أمريكا اللاتينية، فهى تبنى الأعشاش وتحضن البيض وترعى الصغار. وإناث اليقنة، من جانب آخر، تحرس أقاليم كبيرة تشمل تلك الخاصة بعدة ذكور. وتساعد الأنثى أزواجها فى حراسة أقاليمهم وقد تجامعهم جميعاً فى يوم واحد. وإن دُمِّر بيض حضنة لليقنة فسرعان ما تضع الأنثى غيره.

القدرة على تعويض بيض الحضنة المفقودة تبدو للوهلة الأولى المدخل إلى تطور تعدد الأزواج عند الطيور. وطالما أن احتمال فقد البيض كبير فإن الذكور تتولى القيام بالعمل المكلف من حيث الطاقة وهو تربية الصغار، تاركة الأنثى تبذل طاقتها فى إنتاج المزيد من البيض وبسرعة حين يقتضى الأمر ذلك. ومن المثير للاهتمام وجود تقارير حديثة عن قتل الصغار بين طيور اليقنة. فالأنثى التى تتولى سلطة إقليم أنثى أخرى تدمر على الفور حضنات البيض الموضوع من جانبها، حتى لو حاول الذكور الدفاع عنها (بأسلوب اللبؤات). وتجامع الأنثى الجديدة بعدئذ كل ذكر وتزوده ببيض يرعاه.

وإذا ثبت هذا فربما يكون هو المثال الوحيد المعروف عن قتل الصغار بواسطة الإناث كسمة دائمة فى نظام تزاوج – لكنها سمة تحمل مغزى تطورياً، نظراً لأنها تعزز تخليد جينات الأنثى التى فازت بالإقليم.

وصف كينيث ماك كيى، وهو إيكولوجى شاب مجتهد يدير محطة أبحاث على شواطئ بحيرة مالاوى، أسماك بلطى معينة فى تلك البحيرة الأفريقية يتضافر فيها نظام تعدد الأزواج ونظام تعدد الزوجات. وتُعِدّ الذكور ساحات الاستعراض فوق قاع البحيرة الرملى، ويشغل كل فرد مساحة من مساحة الاستعراض يبنى فوقها عشاً حيث يتم التزاوج ووضع البيض. وتحوم الإناث فوق الأعشاش وتختار أزواجها من بين الذكور المتاحة، ثم تهبط لتضع بيضها فى أعشاش الذكور المختارة. وبعد أن يوضع البيض ويخصب تأخذه الأنثى وتظل تحمله حتى يفقس. ومثلما يحدث فى معظم نظم ساحات الاستعراض يمكن أن تزور الذكر إناث كثيرة. ما هو غير مألوف فى هذا النظام وما يجعله نظاماً لتعدد الأزواج وتعدد الزوجات فى نفس الوقت أن الأنثى تتزاوج مع عدة ذكور – فهى قد تضع بيضة واحدة فقط مع كل فرد من الذكور. المغزى التطورى لهذا النظام لم يبحث بالتفصيل لكن المرء يتوقعه كنتيجة لتركيز النجاح التكاثرى فى ذكور قليلة بدرجة أقل من توقعه كنتيجة للنظام النموذجى لساحة استعراض الطيهوج.

رغم وجود تعدد الأزواج فى الطيور أحياناً فالثدييات ليست متعددة الأزواج على الإطلاق. وليس فى هذا ما يبعث على الدهشة باعتبار الحاجة الفسيولوجية للإناث من أجل رعاية الصغار. ففى الثدييات لا يمكن أن تعتق الإناث عادة من العناية بالنسل.

حتى لو كان تعدد الزوجات هو النظام الأصلى للتزاوج فى الحيوانات عموماً فقد اتضح أن أكثر من ٩٠ ٪ من الطيور أحادية الزواج – حيث يتزاوج الذكر مع أنثى واحدة طوال العمر أو خلال فصل واحد (أو على الأقل خلال فترة تعشيش واحدة فى الطيور، ذلك أن العش يوجد أكثر من مرة واحدة فى الفصل). وتوجد نفس العادة فى جماعات مختلفة من الثدييات، مع أنها ليست شائعة على نحو وثيق مثلما الحال فى الطيور. السبب الرئيسىّ فى تطور نظام الزواج الأحادى فى الطيور يبدو واضحاً، ففى معظم الحالات يكون لدى الصغار فرصة معقولة فى البقاء إذا تقاسم الأبوان مهمة تنشئتهما. وقد دُعّمت وجهة النظر هذه بملاحظة أن كلا من تعدد الزوجات وتعدد الأزواج فى الطيور موجود بصورة سائدة فى أنواع مثل الطيهوج والتُّرمجان اللذين تستطيع صغارهما التنقل والبحث عن الغذاء اعتماداً على أنفسها فور خروجها من البيض. إن أنواع الطيور التى تخرج صغارها من البيض وهى ما تزال عمياء لا حول لها،هى معقل الزواج الأحادى.

فى الثدييات يميل نظام الزواج الأحادى إلى الظهور فى الأنواع الإقليمية التى يكون الاختلاف فيها بين موارد إقليم ذكر وموارد إقليم ذكر آخر عند الحد الأدنى. فى هذه الظروف تكون الفوائد بالنسبة لأنثى من تزاوجها (أو مقاسمتها الإقليم الخاص) بذكر أعلى شأناً متزوج من قبل أقل من فوائد معاشرتها لذكر أعزب أقل شأناً (بدرجة طفيفة). بمعنى آخر لن تُخطّى عتبة تعدد الزوجات. وتختلف الآليات التى يحافظ بها على الزواج الأحادى. ولنأخذ مثالاً واحداً ليس إلاَّ: فى بعض *الجبّونات* يكون الزواج الأحادى مفروضاً بالقوة بواسطة الإناث المتزوجة من قبل والتى تحول دون تزاوج الإناث الأخرى مع أزواجها. فى هذه الحالة تبدو الموارد قليلة التأثير جداً فى دعم تعدد الزوجات – بمعنى أن الإقليم لن يكون قادراً على دعم أكثر من حيوانين بالغين ونسلهما.

قبل أن ننهى نقاشنا حول نظم تزاوج الحيوانات ينبغى أن أتحدث عن التربية التعاونية. فى عدد من أنواع الطيور يوفر أكثر من طائرين بالغين الرعاية لنسل ما. وفى بعض الحالات مثل زرياب الأرض الذى يعيش فوق الشجيرات المنخفضة فى فلوريدا يساعد *البالغون غير المربين* فى تربية صغار غيرهم من المربين. وفى حالات أخرى مثل آنى، ذو *المنقار الأخدودى*، الموجود فى أمريكا *الاستوائية* يتقاسم عدة أزواج من *الطيور البالغة* المتكاثرة تنشئة كل صغارهم.

تشارك بعض الثدييات كذلك فى التربية التعاونية. فمثلاً قامت باتريشيا موهلمان بجامعة ييل بدراسة رائعة على أبناء آوى سوداء الظهور فوق سهل سيرينجيتى فى تنزانيا. ووجدت فى مرات كثيرة "مساعدين داخل العرين" – فالبالغون الذين يساعدون الأزواج المربين يزيدون قوة صغارهم بالغذاء والحراسة. وكثيراً ما كان المساعدون هم الصغار المولودين فى السنة السابقة.

حين تمتنع الطيور أو الثدييات البالغة عن التكاثر بنفسها لتساعد الآخرين ينشأ السؤال عن الأصل التطورى للسلوك. والإجابة يمكن العثور عليها غالباً فى الصلاحية الشاملة – فالفرد البالغ الشاب قليل الخبرة قد يكون قادراً على تعزيز نُسخ من جيناته بفعالية أكثر بواسطة المساعدة فى تربية أقربائه، وذلك عن محاولته التناسل بنفسه. وهناك تفسيرات أخرى محتملة تشمل الخبرة المكتسبة وتجنب الأثر الفسيولوجى والخطر المتزايد للافتراس المستلزم ضمناً فى التربية، وذلك حين تجعل الخبرةُ القليلة النجاحَ إشكالية.

تعقيدات العلاقات الجنسية عند الحيوانات تم إيضاحها بصورة تدريجية، ولكن النظم الجنسية فى النباتات، أياً كانت، محيّرة بدرجة أكبر. فبعض أنواع النبات مثل بعض الحيوانات تتكاثر لا جنسياً. وأى امرئ لديه «مربى مائى» محتوياً على نبات

فاليسنيريا لاحظ ذلك – فهذا النبات المائى الشبيه بالعشب ينبت سوقاً جارية من قواعد أوراقه، وعند مواضع على امتداد هذه السوق تنمو نباتات جديدة.

وتكون نباتات أخرى مخنثة باعتبار أن كل زهرة من أزهارها كاملة – أى تحتوى على كل من التراكيب الذكرية( * ) التى تنتج حبوب اللقاح والتراكيب الأنثوية التى تحمل البويضات. وفى بعض الحالات تستطيع حبوب اللقاح أن تخصب البويضات الموجودة على نفس النبات، وهناك نباتات أخرى لديها وسائل تحول دون الإخصاب الذاتى. وتنتج بعض النباتات نوعين من الأزهار: أزهاراً مذكرة وأزهاراً مؤنثة، ويوجد النوعان معاً على نفس الفرد. وفى نباتات أخرى توجد الحالة التى نتوقعها كبشر بوصفها الحالة "العادية" وهى التى تكون فيها الأزهار المذكرة والأزهار المؤنثة على أفراد مختلفة من نفس النبات.

لا ينتهى التعقيد عند هذا الحد. فبعض أنواع النبات تحمل إمَّا أزهاراً مذكرة أو أزهاراً كاملة ولكنها لا تحمل أزهاراً مؤنثة، وأخرى تحمل إما أزهاراً مؤنثة أو أزهاراً كاملة ولكنها لا تحمل أزهاراً مذكرة. وبعض النباتات مثل الأرسيمة يعكس التتابع الموجود فى السمك المنظِّف فيعمل كذكر حين يكون صغيراً وكأنثى حين ينمو إلى حجم أكبر. وفوق هذا أن أنثى نبات الأرسيمة التى تنكمش بسبب نقص الضوء أو المغذيات يمكنها أن تتبدل وتعمل كذكر.

معظم النقاش الدائر حول المبررات التى يقدمها التطور، كتنوع الاستراتيجيات التكاثرية فى النبات، يركز مثله مثل النقاش حول مبرر تطور الجنس ذاته على مقدار التأشيب الناتج، وإن كانت عوامل أخرى تلعب دوراً واضحاً. كثير من النباتات المواجهة بمشكلة جمع أمشاجها معاً تستخدم الريح او الماء لنقل حبوب اللقاح (حبوب اللقاح نباتات صغيرة جداً أحادية الكروموسومات تنتج الجرثومة الذكرية) من نبات مزدوج الكرموسومات إلى نبات آخر. ولكن الكثير من نباتات أخرى ينتج أزهاراً ورحيقاً وروائح وغيرها من الوسائل لحفز الحيوانات على نقل حبوب لقاحها. فمثلاً بعض النباتات التى تُلقَّح بواسطة الخفافيش لديها أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة منعزلة عادة على أفراد متباعدة – غير أن هذه النباتات تحمل أحياناً أزهاراً كاملة. وتنجذب الخفافيش إلى أجزاء نباتية معينة حيث تأكلها، ويحدث تدمير للتراكيب الأنثوية حين تكون الأزهار مستقلة بدرجة أقل مما لو كانت الأزهار كاملة. وفى هذه الحالة تبدو اعتبارات التأشيب ثانوية بالنسبة لتجنب تدميرها فى عملية التلقيح.

(*) يعترض بعض علماء النبات على استخدام مصطلحات " الذكر " و" الأنثى " بالنسبة للأجزاء النباتية طالما أن هذه التراكيب تقنيا لا تنتج أمشاجا مذكرة أو مؤنثة ( مثلما تفعل الأعضاء المذكرة والمؤنثة فى الحيوانات ) بل تنتج نباتات مذكرة ومؤنثة بالغة الصغر – حبوب اللقاح نباتات مذكرة والتراكيب الموجودة داخل بويضة زهرة نباتات مؤنثة – تنتج بدورها أمشاجا.

ربما يكون اللغز الأعظم فى العالم الجنسىّ للنبات هو ما تقدمه الأزهار الأكثر شيوعاً للهندباء البرية. فكثير من الهندباءات يتكاثر لا جنسياً بصورة تامة، ومع ذلك فإن لديها أزهاراً صفراء تامة التكوين تصنع الرحيق وحبوب اللقاح. وهذه الأزهار الجذابة وذلك الرحيق هما بوضوح وسائل تطورت لتملق الحشرات وغيرها من الحيوانات لكى تساعد النباتات فى أنشطتها الجنسية - وياله من تملق عجيب، إنه الأساس فى التنوع والنجاح الكبير للنباتات الزهرية. لكن لماذا تبذل الهندباء البرية كثيراً من الطاقة لحساب سجاياها الجنسية إن كانت تتكاثر لا جنسياً؟

هل يمكن أن يكون السبب هو أن إنتاج الأزهار والرحيق متأصل للغاية فى النظام التطورى للهندباءات البرية، وأنها أصبحت بالتالى أبعد تطورياً من أن تكون قادرة على إعادة تنظيم نفسها كى تتخطىّ تصنيع البتلات الصفراء والرحيق وتوفر الطاقة التى تبددها الآن؟ - تفسير ضعيف، لكنى مضطر إليه حتى يفكر شخص ما فى تفسير أفضل لإغراء الهندباءات وتقديم المؤن للمقحين غير ضروريين. (ومع ذلك ليس ثمة تساؤل عن أنه فى حالات كثيرة يُقيِّد تطور الكائنات الحية بالتزامات تركيبية صنعت فى الماضى. ولنأخذ حالة متطرفة: لا يوجد قدر من ضغط الانتخاب لصالح الطيران يجعل من المرجح أن تتكيف أفراس النهر مع الهواء).

نظم التزاوج بالنسبة لى من بين أكثر الموضوعات الايكولوجية إثارة للفضول - وتنوعها الهائل يؤكد على كل من التنوع الهائل للمواقع البيئية التى يتحتم أن تستجيب لها الكائنات الحية، والمرونة التطورية الهائلة لتلك الاستجابات. ولكنى الآن أود الانتقال للنظر فى بعض الأوجه الأخرى للمخالطة الاجتماعية - بادئاً بجماعة من الحيوانات الفعالة جداً فى مساعدة النباتات فى مشكلاتها الجنسية، وهى النحل. والنحل وخاصة نحل العسل هو أيضاً الأكثر شهرة بين الحشرات الاجتماعية، والتى تشمل النمل وأنواعاً مختلفة من الزنابير والنحل (وهى جميعها وثيقة الصلة للغاية ببعضها البعض) والنمل الأبيض (وهو ليس قريب الصلة بالنحل ولكنه وثيق الصلة بالصراصير).

لقد كُتبت مجلدات كثيرة عن الحشرات الاجتماعية (أُزكّى منها بشدة كتاب تشارلز ميشينر "السلوك الاجتماعى للنحل" الصادر من كامبردج ١٩٧٤، وكتاب إى. أُو. ويلسون "مجتمعات الحشرات" الصادر من كامبردج ١٩٧١ بوصفهما مقدمة تمهيدية للمعنيين لحد كبير بالحشرات) ولكنى لن أحاول هنا التوسع فى سلوكها الاجتماعى. وبديلاً عن ذلك فأنا أرغب فى تأمل وجه آخر من أوجه النشاط الاجتماعى المهم بالنسبة للايكولوجيين، مثله فى ذلك مثل تطور نظم التزاوج، وهو كيف ولماذا تطورت الأنماط الآسرة والمتقدمة للسلوك الاجتماعى عند الحشرات؟ وما هى الظروف البيئية التى أنتجت هذه المجتمعات المعقدة ولماذا لم تطور كل جماعات الحشرات الرئيسية أنواعاً اجتماعية؟ وكما سترى فليس لدينا حتى الآن إجابات شاملة عن هذه الأسئلة.

السمة الأساسية لمجتمعات الحشرات المنظمة تنظيماً صارماً هى تقسيم العمل القائم على أساس مجموعات عمل - وهى من الوجهة السلوكية (وغالباً من الوجهة الجسدية) جماعات متمايزة من أفراد متخصصة فى أعمال مختلفة. فمثلاً "الشغالة" التى نلاحظ إسراعها من زهرة لأخرى هى أنثى عقيم عاملة تكدح لجمع الرحيق وحبوب اللقاح كى تحسّن النجاح التكاثرى لأمها وهى النحلة "الملكة". وللعثور على تفسير معقول لسلوكها لابد أن نرجع إلى الآلية النادرة للتحديد الوراثى للجنس فى غشائية الأجنحة (رتبة الحشرات التى تشمل الزنابير والنمل والنحل) وإلى فكرة الصلاحية الشاملة التى تم توضيحها من قبل.

فى غشائية الأجنحة ينتج البيض المخصب إناثاً وينتج البيض غير المخصب ذكوراً - وهو نظام تكون الذكور فيه أحادية الكروموسومات (لديها مجموعة واحدة فقط من الكروموسومات مصدرها الأم) وتكون الإناث مزدوجة الكروموسومات (لديها مجموعتان إحداهما مصدرها الأم والأخرى مصدرها الأب). ويفضى هذا إلى النتيجة الفريدة حيث تكون الأخوات فى الزنابير والنمل والنحل قريبة الصلة إحداها إلى الأخرى عما هو الحال بالنسبة للأمهات وخلفها من الإناث. كيف يحدث هذا؟ لنأخذ بعين الاعتبار أولاً أن الأب الأحادى الكروموسومات يُمرّ نفس المجموعات من الجينات إلى كل من خلفه من الإناث وعليه فالإرث المستمد من الأب لهؤلاء الأخوات متماثل. والابنة تستقبل نصف كروموسوماتها (وجيناتها) من الأم ولذا فإن قرابتهما واحد: نصف (طالما أن الأم والابنة مزدوجتا الكروموسومات وليستا متقاسمتين للجينات على نصف كروموسوماتهما). وفى نصف إرثهما المستمد من الأم يكون لدى كل جين من الأختين فرصة ٥٠ ٠/٠ : ٥٠ ٠/٠ للتماثل - بمعنى فرصة استقبال نسخة من نفس طرف زوج الكروموسومات الذى يحمل ذلك الجين فى أمهما. ونظراً لأن النصف الأبوى لإرث الأخوات متماثل (١٠٠ ٠/٠ فى الحالتين) وأن النصف الأموى ٥٠ ٠/٠ لكل منهما لذا فثلاثة أرباع الجينات فى المتوسط فى نحلتين أختين تكون متماثلة. وهناك طريقة أخرى للنظر فى قرابة الثلاثة أرباع تلك وهى أن النصف يجىء من خلال أبيهما والربع يأتى من خلال أمهما - وهذه الطريقة جوهر تلك الحالة المركبة.

هكذا تستطيع الإناث الشابة، بسبب النظام الأحاد ازدواجى لتحديد الجنس، نظرياً زيادة صلاحيتهن الشاملة عن طريق المساعدة فى تربية أخواتهن (اللاتى يحملن نسخ تحوى ثلاثة أرباع جيناتهن) وذلك عنه فى حالة وجود نسل يخصهن (وهو ما يكون لديه نسُخ للنصف فقط من جيناتهن). إن الأحاد ازدواجية الشاملة فى الجماعة قد تفسر لم نشأ السلوك الاجتماعى على تلك الصورة الفريدة فى عدة جماعات مختلفة من غشائية الأجنحة. ويبدو أن الأحاد ازدواجية تدعم تطور البنية الاجتماعية.

فى حين أن هذا النوع من حجج الصلاحية الشلامية ليس مقبولاً بصورة عامة فإنه يوفر طريقة للتفكير فى تطور مجتمعات الحشرات، يجدها معظم الايكولوجيين أكثر جدارة بالتصديق ولو ظاهرياً عن طرق التفكير التى طرحت من قبل. ومهما كان الأمر تظل الأسئلة الرئيسية فى حاجة إلى إجابة. فمثلاً إذا كانت الأُحاد ازدواجية تجعل أغشية الأجنحة ميالة إلى تكوين مجتمعات فلماذا يوجد الكثير للغاية منها وحيداً (غير اجتماعى)؟ ما هى العوامل الايكولوجية التى تحرف التوازن الانتخابى فى اتجاه المخالطة الاجتماعية؟ كيف يتم الانتقال من الفردية إلى النظام الاجتماعى؟

تنبثق إجابات جزئية على هذه الأسئلة من البحث الشامل على النحل الذى أجراه تشارلز ميشنر وزملاؤه. فقد وجدوا أشكالاً من السلوك الاجتماعى تتراوح من الإناث غير الأقارب التى تعشش مشاعياً مع سيادة جزئية لبعض الإناث على الأخريات إلى شكل نظام الملكة والإناث العقيمات العاملات فى النحل ذى الصبغة الاجتماعية بأقصى درجة. والنتيجة المنطقية المستنبطة من هذا التسلل الحديث هى أنه يعكس المراحل المختلفة التى لابد أن توجد فى تطور مجتمعات النحل. وإن كانت أفكار هاميلتون عن الصلاحية الشاملة قد وفرت إجابة واحدة عن سؤال "لماذا" الخاص بتطور مجتمعات غشائية الأجنحة فإن نتائج بحث ميشينر أعطتنا مفتاح الإجابة عن "كيف". ويعمل الباحثون الآن بهمة من أجل تفسيرات كاملة.

ولأن النمل الأبيض أكثر إلغازاً من النحل من حيث المخالطة الاجتماعية فالأمر كذلك بالنسبة لتطور مجتمعاته المعقدة. لا يُستند هنا إلى الأُحاد ازدواجية، فكلا الجنسين يخرج من بويضات مخصبة، والقرابة بين الأخوة والأخوات هى واحد : نصف (١ : ٢/١) بغض النظر عن الجنس - بالضبط كما فى الفراشات وفئران الخلد والبشر. وتختلف مجتمعات النمل الأبيض اختلافاً كبيراً عن مجتمعات النحل والزنابير والنمل. وربما كانت الضغوط البيئية التى أدت إلى تكوين المجتمعات المعقدة فى غشائية الأجنحة والنمل الأبيض (ولن يقال شئ عن فئران الخلد العارية) هى الأخرى مختلفة جداً.

الأساس بالنسبة لتطور المخالطة الاجتماعية فى النمل الأبيض قد يكون مرتبطاً جوهرياً بخاصته المميزة المعروفة على أوسع نطاق، وهى قدرته على أكل الخشب. وبالإضافة لبعض الصراصير البدائية فهما الحيوانان الوحيدان القادران على إنجاز هذا العمل. وهى تقوم به بمساعدة أوليات (كائنات حية وحيدة الخلية) معينة تعيش فى أمعائها، فالنمل الأبيض والصراصير يأكلان الخشب ولكن الأوليات هى التى تهضمه. وهذه الكائنات الأولية الضرورية لبقائها تنتقل من جيل إلى آخر عن طريق عادة مقززة (من وجهة نظرنا المتحيزة) للصغار تتغذى فيها من فتحات شرج الأكبر منها سناً.

ويتطلب هذا ترافق أجيال وهو أمر نادر فى الحشرات - أو على الأقل مستوى أدنى من المخالطة الاجتماعية وهو ما قد يوفر نقطة الانطلاق الانتخابية التى أفضت فى نهاية الأمر إلى المجتمع الراقى للنمل الأبيض.

الجنس والمجتمع عند الكائنات الحية اللابشرية موضوع آسر ومعقد كما هو الحال عند الإنسان. ولكن هل يمكن أن تطبق أنواع الأفكار التى طبقت على البيئة وتطور السلوك الاجتماعى عند حيوانات أخرى على المجتمع الإنسانى تطبيقاً يعود عليه بالنفع؟ يعتقد فى ذلك كثير من البيولوجيين وأنا من بينهم - ولكنه يبقى لدرجة ما وإلى حدود ما محل خلاف كبير.

إن محاولة وضع أى وجه للسلوك البشرى داخل منظور التطور تحمل معها مخاطرة أن تشوه بصيغة ما من جدال "الطبيعة المطبوعة" القديم. فهناك من ناحية (وللمبالغة) القاعدة البيولوجية أن الإنسان مثل القرد يشهد بأن جيناتنا تحكم علينا أن نكون عدوانيين إلى الأبد (أو إقليميين أو غيورين أو أرفع مقاماً أو ما شاكل بالنسبة لسلالات أو ضروب أخرى من البشر). ومن ناحية أخرى هناك العقل بوصفه صفحة بيضاء، وأن كل امرئ يسلك بصورة متشابهة مع الآخرين، على الرغم من وضع الاختلافات البيئية، وهو ما يتضمن أن أربعة بلايين سنة من التطور أفضت إلى تأثيرات وراثية على سلوك كل الكائنات الحية الأخرى (وكل السمات الأخرى للإنسان المدرك)، وأنها بطريقة ما (يبدو أنها إعجازية) تركت السلوك البشرى دون أن يُمس.

الأكثر سوءاً مع ذلك أن هذين الرأيين السخيفين بصورة متساوية يترافقان مع معتقدات سياسية. إطلق عقيدة عنصرىّ يمينىّ وسوف تسمع على الأرجح حديثاً عن الجينات الرديئة التى أنتجت الغباء عند السود أو الجشع عند اليهود. واذهب إلى العشاء مع نِسْويّة راديكالية متطرفة فقد تشرح لك كيف أن الشرط الاجتماعى هو الشئ الوحيد الذى يجعل الرجال يسلكون سلوكاً مختلفاً عن النساء وأنه ليس للهرمونات تأثير عليهن. إن تناول حالة بارزة - أيّة حالة - عن تطور السلوك البشرى تشبه لحد ما الوقوف على أرض بلا رجال فى معركة فيردن كما اكتشف إى. أو. ويلسون ذلك بسبب فزعه بعد نشر كتابه المهم "علم اجتماع البيولوجيا".

قبل أن نعود صراحة إلى النشاط الجنسى البشرى دعونا نتوقف لحظة للنظر فى السلوك البشرى عموماً. كما تخمنون من واقع المناقشة حتى الآن فإن مقولة الطبيعة المطبوعة مقولة زائفة. فالقدرات الوراثية يعبر عنها بأشكال مختلفة فى البيئات المختلفة، والنمو هو من حيث الأساس نتيجة لتفاعلات الجين والبيئة. وبالتالى فإن امتلاك جينات معينة لا يحتم بالضرورة أى شىء. وكل "جينات البدانة" فى العالم لا تجعل طفلاً جائعاً من إثيوبيا بديناً، ولا يحوِّل تركيب آينشتاين الوراثى ذلك الطفل إلى عالم طبيعة نووية.

ومن ناحية أخرى لا يوجد مبرر للاعتقاد بأن البيئة الأفضل بين كل بيئات النمو سوف تجعل ميكى رونى (ممثل أمريكى –م) أطول من فيلت شامبرلين أو أن البيئة الأفضل بين كل بيئات التعلم سوف تجعل أدولف هتلر كاتباً بليغاً مثل ريتشارد رايت أو فيزيائياً لامعاً مثل ألبرت آينشتاين. فالتغيرات فى التركيبة الوراثية أو فى البيئة يمكنها أن تعدل تفاعل الجين والبيئة وتفضى إلى تغيرات مفاجئة فى المظهر – وإن كانت إمكانية التغير لن تكون بلا حدود.

يتوقع المرء أن تكون بعض الخصائص الموروثة فى البشر محجوزة نسبياً بعيداً عن التغيرات البيئية. فالجينات التى تتحكم فى أنماط النمو الجسمانى عموماً تنتج نفس الأنواع من النتائج فى تشكيلة واسعة من البيئات – وما لم تغفل ذلك فإن الانتخاب يصححها بسرعة. والناس ذوو الأرجل النامية من آذانهم والأعين الموجودة فوق بطون أقدامهم أو الرئات المتصلة بأمعائهم من المحتمل ألا يُمرّوا الكثير من جيناتهم إلى أجيال جديدة. وأمور مثل سن البلوغ وحجم الشخص البالغ وهلم جراً تثبت فى النهاية أنها متماثلة جوهرياً فى كل عشائر البشر. ولا توجد بيئة تحدث بانتظام نوع الأنساق التى ذكرتها توا لأنه إن لم يستطع الانتخاب أن يقف حائلاً أمام نظام النمو ليعوقه فإن العشائر البشرية لن تستطيع البقاء فى تلك البيئة.

هذه المقاومة للتغير الذى تحدثه البيئة فى النمو الجسمانى الأساسىّ تحمل مغزى تطورياً واضحاً. لكن تلك اللاحساسية للبيئة لن تنتخب بالنسبة لكثير من السمات السلوكية والعقلية. فمرونة الاستجابة للبيئة فى خصائص كثيرة هى إحدى السمات المميزة لنجاح البشر. وترى تلك المرونة على نحو أفضل فى قدرة البشر على تنمية وتطوير وتعديل المادة الضخمة من المعلومات غير الوراثية التى تدعى الثقافة، وهى القدرة التى تضعنا على حدة بالنسبة لباقى الكائنات العضوية. التطور الوراثى بطىء دوماً وذلك بالنسبة للعشائر التى تتغير عبر الزمن مقاسة بالأجيال. والتطور الثقافى بالإمكان أن يكون أسرع. فلا شىء يماثل الكمبيوتر المحمول، الذى كتبت عليه هذا الكتاب والموجود منذ أقل من نصف جيل، أو البرنامج الخاص الذى استخدمته والذى صُمّم وأُنتج فى السنوات الثلاث الأخيرة.

لكن الانتخاب لن ينتج مخاً بشرياً طالما أن المخ البشرى صفحة بيضاء حقيقية وكمبيوتر تستطيع البيئة أن تبرمجه تماماً بلا قيود. إن القابلية البرمجة مهمة ولكنها تستلزم بشكل آلى القابلية للبرمجة الخطأ – أن يكون مخدوعاً أو انتهازياً وربما يكون مصحوباً بنتائج مهلكة تطورياً. ولنأخذ حالة متطرفة مثالاً على ما نقول: نفترض أن المجتمع "الثقافى المحض" تطور باتجاه اشتهاء المماثل كشكل وحيد للسلوك الجنسى. حينئذ يكون الأفراد الأقوياء المفضلين من جانب الانتخاب هم الأفراد المنحرفون ولو

قليلاً بتركيبتهم الوراثية نحو اشتهاء المغاير، طالما أن المشتهين للمماثلين اشتهاء تاماً لا يتكاثرون. وبهذا فمن الواضح أن الميل لامتلاك ما قد يسمى "الانحرافات الوراثية" أو "النزعات الوراثية" ينبغي أن يكون الأقوى بالنسبة للخصائص الثقافية التى تؤثر مباشرة فى النجاح التكاثرى. فاختيار جنس الزوج ينبغى أن يكون "مبرمجاً" لأقصى درجة عن اختيار موضوع الدراسة الجامعية فى الكلية.

من الواضح بنفس الدرجة أن الجينات ليست قدر الإنسان. فحساسية السلوك البشرى للمحيط البيئى (متضمناً الثقافى) هى حساسية فوق العادة. والدليل على ذلك التنوع الواسع للثقافات الإنسانية والسلوكيات والأفكار. لذا فإن بعض السلوكيات تكون مرتبطة مباشرة بالتكاثر والأمومة (وبالتالى بالصلاحية). رغماً عن كل شئ وبديلاً عن القتل المعتاد لأبناء الأزواج السابقين حين تُعاشر أنثى جديدة مثلما تفعل الأسود والغوريللات يحب الذكور البشر أبناء الأزواج السابقين ويرعونهم. ويتبنى الأزواج عادة ويرعون أطفالاً لا يقاسمونهم جيناتهم ويمتنع كثير من الناس طواعية عن التكاثر ويلجأون غالباً إلى عمليات تجعله مستحيلاً. ومن المفترض أن مثل هذه السلوكيات لا تحدث لو كانت جيناتنا رهن السيطرة التامة.

بعد تلك الخلفية ماذا يمكن أن يقال عن نظام التزاوج عند الإنسان؟ الأمر الأول أنه لا توجد دورة شبق محددة بدقة وهذا وضع فريد بين الثدييات. فإناث الثدييات الأخرى لديها فترة محدودة (ومعلومة) للتقبلية الأنثوية أو "النزاء" – وهو الوقت الذى تكون فيه مهيأة للجماع لاستعدادها للحمل. وفى المقابل فإناث البشر يمكن أن يصبحن مستثارات فى أى وقت تقريباً ولا يحجبن خصوبتهن عن الذكور قط بل يخفينها لحد بعيد عن أنفسهن. ومن هنا تجيء الدعابة القديمة وهى أن نظام إيقاع ضبط الولادة يسمى "روليت الفاتيكان" ويُسمَّى ممارسوه فى معظم الأحوال "آباء".

النشاط الجنسى الموجود على مدار العام عند الإنسان له نتائج تعم كل المجتمعات البشرية ويقدم إلى الكثير منا أحد أروع متع الحياة. لكن أصوله تظل غامضة تماماً. فالليونة الهائلة للسلوك البشرى تجعل من الصعب أن نقيّم التباين الوراثى فى السلوك الجنسى للبشر – وحيث إن العلماء إما رجال أو نساء فالتحيز الجنسى قد يؤثر كثيراً على أحكام الباحثين. والأكثر من ذلك أنه ليس ثمة شيء معروف علمياً عن الوضع الايكولوجى الذى تطور فيه النظام الأساسى لتزاوج البشر. وكل ما نعرفه أنه نشأ خلال المليون سنة الأخيرة بعد أن تباعد النسل البشرى عن أنسال الرئيسيات العليا الأخرى. ونحن نعرف هذا الأمر لأن كل القردة الماهرة لديها دورة نزاء محددة بوضوح.

من المفهوم إذن أن نقص المعلومات عن كل من الجينات والبيئة هو ما جعل العلماء يتراجعون عن التأمل لتفسير النشاط الجنسى المستمر - السر الرئيسى للسلوك الجنسى للبشر. والتأمل الشائع بدرجة أكبر بين البيولوجيين هو أن فقدان دورة النزاء كان الوسيلة التى نشأت لإبقاء الرجل مرافقاً للمرأة خلال الفترة الطويلة جداً التى يكون فيها الطفل البشرى معتمداً على غيره. لكن كما أوضح دونالد سيمونز فى كتابه المثير "تطور النشاط الجنسى البشرى" (الصادر من جامعة أكسفورد عام ١٩٧٩) هناك خلل شديد فى هذا الرأى. ويأتى الخلل من كل جوانب إطار الجين / البيئة.

فمثلاً تقيم أزواج الجِبُّوْن روابط زواج أحادى طويل المدى لكنها لا تستمتع بمباهج النشاط الجنسىّ المستمر. وفى الواقع يظهر فحص التعقيدات الثقافية للزواج فى كثير من المجتمعات البشرية دليلاً ضعيفاً على أن الرابطة الأساسية فى العلاقات الزوجية هى الجنس. ويبدو الزواج بالأحرى فى معظم الأحوال قائماً على أساس اقتصادى واعتبارات اجتماعية وليس على أساس الشهوة الجنسية. وهناك دليل مهم بلا ريب مؤيد للفكرة هذه منسوباً إلى ألفريد كينزى وهو أن الزيجات التى تنجح تحقق ذلك "ليس بسبب، بل رغم، الواجبات الجنسية... المستلزمة".

يطرح سيمونز نفسه تأملين عن فقدان دورة النزاء قائمين لحد بعيد على التماثلات بين المجتمعات البشرية ومجتمعات الشمبانزى. أولهما أن الإناث الجائعات و"القابلات للجماع" باستمرار كن يشحذن اللحم من الذكور الناجحين بعدما أصبح الصيد النشاط الرئيسى للرجل. ومن المفترض أن فوائد التغذية الراقية فاقت تكاليف الإبقاء على النشاط الجنسى الدائم. التأمل الثانى أن فقدان دورة النزاء "وسيلة" نسائية نشأت بعد تطور الزواج. وهى وسيلة تجعل من الصعب جداً على الزوج أن يتحكم فى النشاطات الجنسية لزوجته، طالما أنه يجب أن يحرسها على الدوام حتى يكون واثقاً من أنه ليس ديوثا، ولا يحرسها فقط (كما فى الرئيسيات الأخرى) حين تكون فى دورة النزاء. وعليه فهى وسيلة تزيد إمكانية اختيار المرأة لوالد بيولوجى مختلف من أجل أحد أطفالها - القوى والوسيم والشهوانى بديلاً عن الغنى العجوز المختار من قبل المجتمع.

يعقب سيمونز: "إن لدى قليلاً من الثقة فى هذين السيناريوهين ومن المحتمل أن يكون كلاهما خاطئاً، غير أنهما لا يحتاجان إلى أن يكونا صحيحين كى يصبحا نافعين أو مهمين بل يحتاجان فقط إلى أن يكونا صالحين مثل أو أفضل من تفسيرات المنافسة." هذان السيناريوهان - شأنهما شأن التقبلية الجنسية للمرأة المتسببة فى جعل الرجل يتسكع بينما الصغار فى حاجة إلى الرعاية - يركزان اهتمامهما على القوى التى تزيد من النجاح التكاثرى للمرأة وبالتالى فهما جديران ظاهرياً بالتصديق من الوجهة التطورية.

هذا البحث عن دور القوى الانتخابية يعيد تركيز الاهتمام على السؤال القديم عن الدرجة التى يمكن عندها تتبع المواقف المختلفة للذكور والإناث من التأثيرات الثقافية أو التطور البيولوجي على أساس التأثير المفترض للاستثمار الوراثى الوالديّ غير المتساوى عند الجنسين. فالرجال قادرون على تعزيز جيناتهم بالتزاوج مع عدد كبير من النساء، حتى ولو لم يلق كل فرد من النسل الرعاية الجيدة (طالما أن كلا منهم يلقى فى المعدل رعاية أبويه بدرجة أقل - أولا يلقى أية رعاية) فإن أعدادهم الكبيرة يمكن أن تعوض معدل بقائهم المنخفض. وفى المقابل فالنساء يكسبن القليل نسبياً بكونهن غير مميزات حيث إنهن محدودات جسدياً بعدد الأطفال الذى يمكن أن يحملهن. ويرى سيمونز أن هذا قد أدى إلى اختلاف جنسى أساسيّ فى الموقف من عدد الشركاء: فالرجل ينزع نحو البحث عن عمليات جماع متعددة (كى يزيد عدد الأطفال المولودين إلى الحد الأقصى) والمرأة تبحث عن علاقة مستقرة مع رجل وحيد وطيب وموفر للوازم (كى تزيد لأقصى حد فرص بقاء العدد المحدود من أطفالها). والأكثر من ذلك أن رغبة الرجال البالغين فى البحث عن شريكات أصغر، كما يوضح سيمونز، متعلقة بالنجاح الأكبر للنساء الصغيرات فى الحمل بأطفال. ومن ناحية أخرى قد تفضل الإناث الرجال الأكبر سناً ذوى سجلات المسار المعترف بها كموفرين للوازم.

إن مجرد أن شيئاً ما يخلق رواية تطورية صحيحة لا يعنى أنها حدثت على ذلك النحو كما يقول سيمونز نفسه. ومع هذا فقد جمّع كمية من الأدلة الانطباعية دفاعاً عن آرائه. ومن الأدلة الأكثر إقناعاً عندى دليل اختلافات الذكور والإناث فى سهولة الاستثارة والرغبة فيما يتعلق بالتنوع الجنسيّ. وفضلاً عن هذا فتلك الاختلافات يمكن أن تقلل بفعل الهرمونات. فالنساء اللاتى يعانين أعراض الـ **adrenogenital** التى تنتج عن زيادة هرمون الذكورة (الاندروجين) ينزعن إلى أن يكون لديهن أنماط ذكورية للاستثارة (مثل الاستجابات الأسرع للمثيرات البصرية). هذه الاختلافات فى أنماط الاستثارة يمكن أن تفسر عن طريق فرضية مُلتقّة تشمل العوامل البيئية فقط. لكن الرأى القائل أنها نتاج الاختلافات الوراثية بين الجنسين (المشروطة بالهرمونات - وتباعاً من جراء الهرمونات المنضبطة وراثياً بدرجة كبيرة) يبدو رأياً باهتاً لأقصى حد.

وعليه ماذا لو أن سيمونز (كما أشك) يصحح ذلك التاريخ التطورى للإنسان مانحاً الذكور والإناث استعدادات وراثية مختلفة لبعض السمات (كالرغبة عند الجنسين). فمعالجته خلاصة لاكتشاف أن كثيراً من الناس مهددون بشدة بسبب اعتقادهم الخاطئ بأن الجينات قدر محتم وليست بالأحرى مهيأة للنزوع. وفى مواجهة دليل قوى يفيد العكس يخشون أن يصبح الأزواج خائنين بالضرورة، أو أن تسلك النساء بصورة أفضل كأمهات عنهن كمديرات تنفيذيات. أو أنهم يخافون من أنه إذا كانت الذكور

والإناث تبدى اختلافات سلوكية وراثية فقد توجد لديهم اختلافات فسيولوجية أخرى تمليها الوراثة – ذلك أنه، وكمثال، سيبتلى أطفال الوالدين ذوى حاصل الذكاء المنخفض بصفة أبويهما.

علم اجتماع البيولوجيا هو الفرع المعرفى الذى يحاول دمج المنظور البيئى – التطورى مع فكر علم الاجتماع عن "الطبيعة البشرية" مثل كتاب سيمونز المذكور آنفاً. والحق أن كثيراً من مادة هذا الفصل يمكن اعتبارها ضمن علم اجتماع البيولوجيا. وفى حين قدم علم اجتماع البيولوجيا الكثير لزيادة فهمنا للجنس والمجتمعات وهلم جرا فإنه قد أحدث أيضاً جدالاً شديداً – صيغة جديدة لمقولة الطبيعة المطبوعة – يعرض على الملأ عبر كل الوسائل من الصحف المصغرة (التابلويد) إلى الأدبيات التقنية. وفى ختام هذا الفصل سأنظر فى مسألة واحدة أثيرت فى ذلك الجدال وهى ذات أهمية بالنسبة للايكولوجيا والايكولوجيين.

هناك دعوى قائمة على أن جهود ويلسون والآخرين فى دراسة التأثيرات الوراثية على السلوك ينبغى إدانتها لأن نتائجها يمكن أن تمنح المساعدة والتأييد للفاشيين والعنصريين. وأن النتائج، مثلاً، ستستخدم لتبرير التعقيم الإجبارى للناس بمسببات الذكاء المنخفض أو اللهجة "الخطأ" لإزالة جيناتهم الرديئة من العشيرة البشرية. ورغم أنى أعتقد أنه ليس هناك تفسير منطقى نظرى يستند إلى علم اجتماع البيولوجيا يبرر تلك الأفعال إلاّ أن الخوف يظل قائماً لحد كبير طالما أن المتعصبين من كل الضروب السياسية لن يترددوا قط فى إساءة استخدام العلم لخدمة خلافاتهم. حينئذ يصبح السؤال الأعم: هل يبحث العلماء المجالات أو يعلنون النتائج التى تدعم فكرة سياسية معينة أم أن المجالات والنتائج يساء فهمهما على أنهما تدعمان تلك الفكرة؟ إن كل الايكولوجيين واعون ومهتمون بالزيادة السكانية على الأرض فهل يكفّون (كما أُخبرت من بعض المصادر) عن الإشارة لوجود الكثير جداً من البشر لأن شخصاً ما قد يفسر هذا كمبرر لإبادة الزيادة السكانية؟

لسوء الحظ هناك مجالات علمية قليلة لا تقدم نتائج أو اكتشافات أو وسائل ذات تضمينات سياسية اجتماعية. والتكهن بأين تتبدى تلك التضمينات ليس بسيطاً – فمع كل ذلك بدت الفيزياء النووية فى وقت ما علماً مقصوراً على فئة قليلة وأقل العلوم قابلية للتطبيق. وحتى الآن لا يستطيع المرء أن يحكم بما إذا كان المشروع الصحيح للعلم يثبت أنه فائدة خالصة للإنسان. فلو كان للبشرية أن تهلك فى حرب نووية فإن تلك الحرب لن تحدث. لكن الذى لا ريب فيه أن العلم الخالص سوف يستمر ليكون سبيلاً رئيسياً يزيد به البشر معرفتهم، وأن محاولات تقييد البحث أو نشر النتائج سوف يتكشف فى الغالب وعلى المدى الطويل أنها محاولات عقيمة.

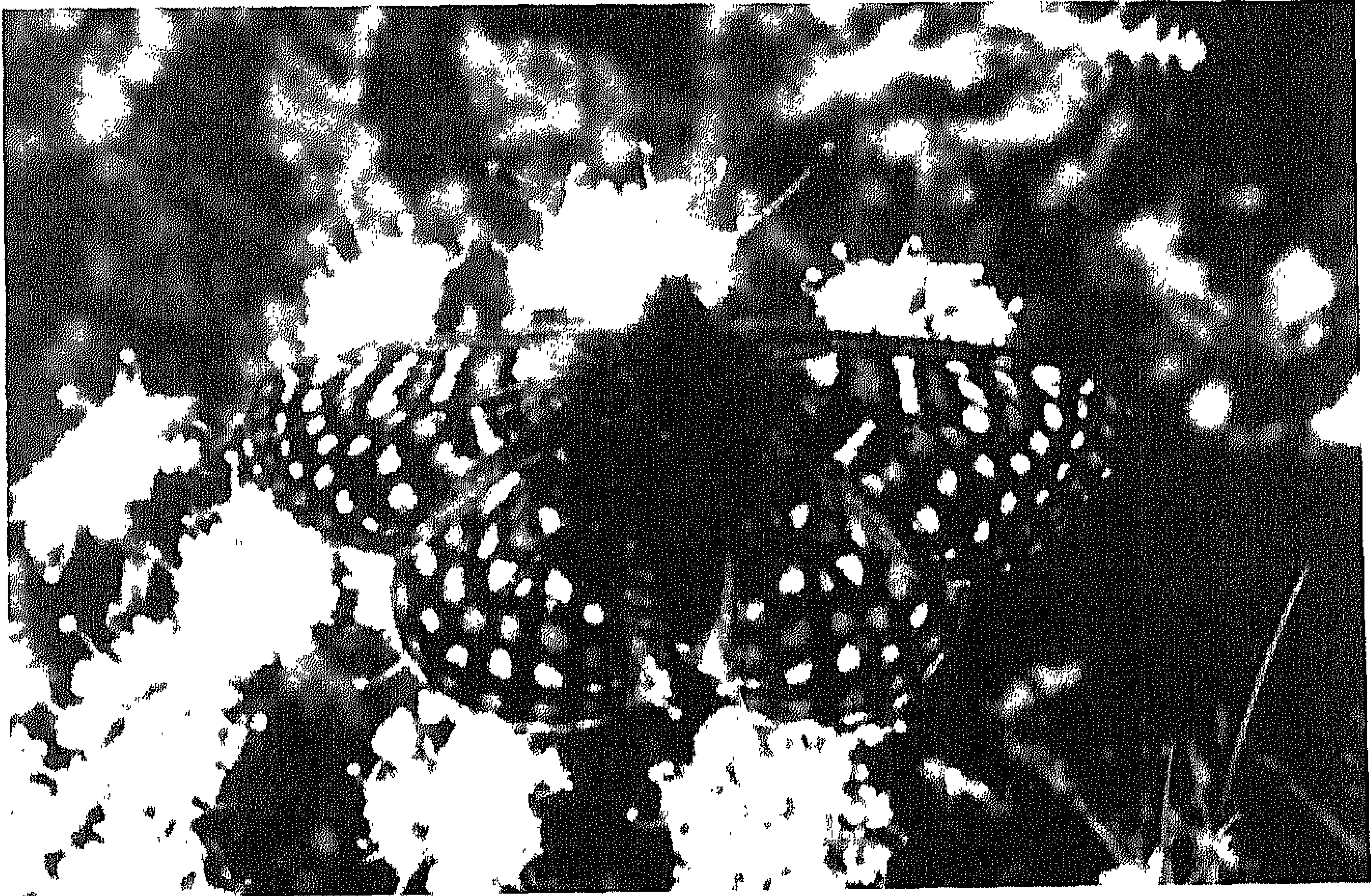
وفى رأيى بعدئذ أن أفضل السبل بالنسبة للايكولوجيين وعلماء آخرين هى أن يولوا المزيد من الاهتمام إلى العواقب الاجتماعية لأنشطتهم، وأن يثابروا فى نفس الوقت على إطلاع العامة وصانعى القرار على التقدم العلمى.

إن القرارات المتعلقة بأىّ المخططات يُتّبع لتحرى مسألة تهم الرأى العام تُتَّخذ الآن، وبعيداً لحد ما عن ميدان التنافس العلمى، من قبل السلطات التنفيذية والمشرعين وضباط الجيش وآخرين. ولفائدة كل منا ينبغى التأكد من أن صناع هذه القرارات ملمّون بشىء ما عما يقومون به. فالمستقبل سوف يجلب وبصورة متزايدة مسائل صعبة تتطلب حلولاً من العلماء والمجتمع فى مجالات تتراوح من التلاعب فى صنع الأسلحة وفى الجينات إلى إدارة النظام البيئى والمحافظة عليه.

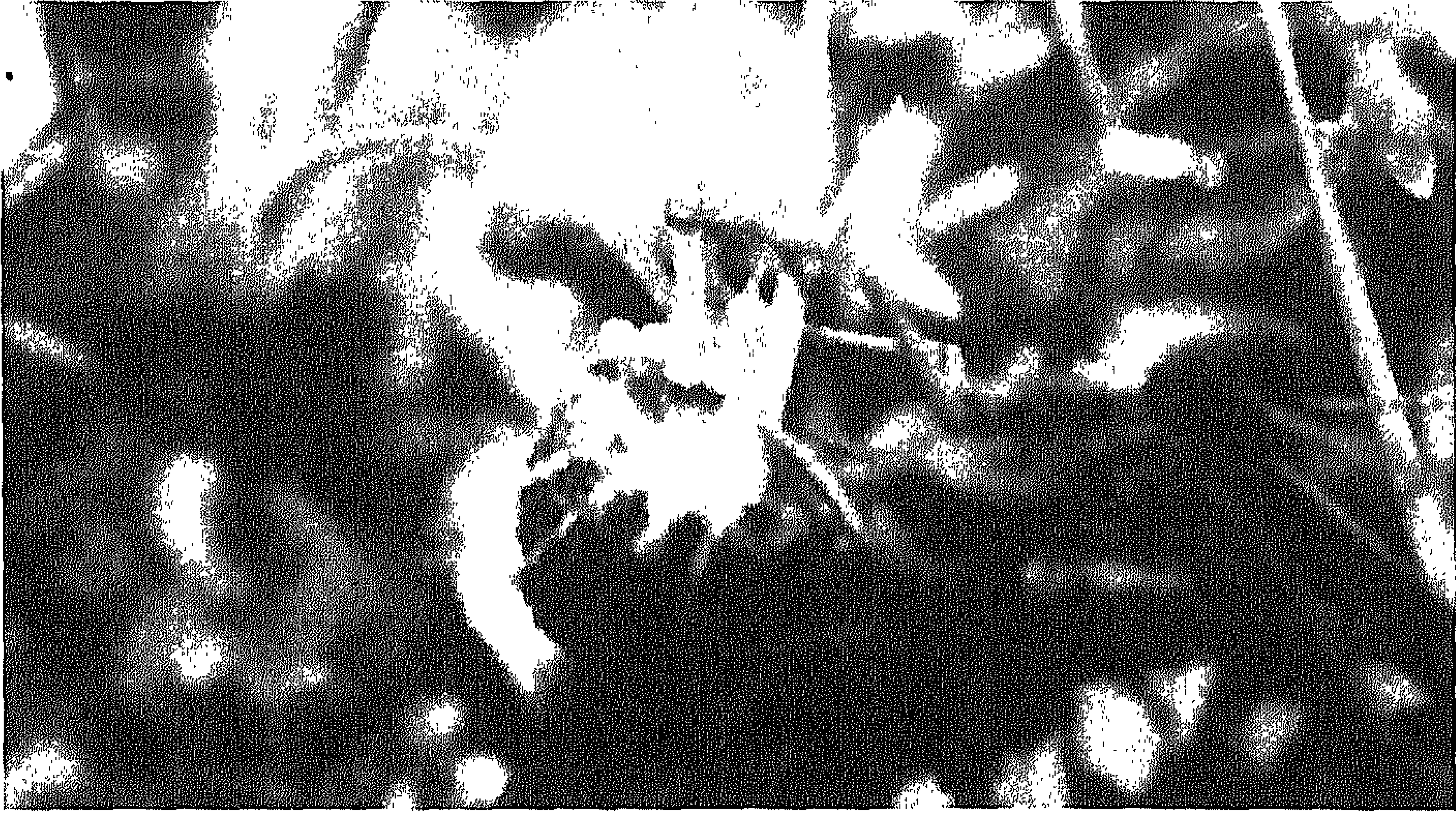
ورغم كل شىء تبدو مصائر المشروعات العلمية والإنسان فى الوقت الحاضر مرتبطة ارتباطاً لا ينفصم. إن بقيا وازدهرا معاً فاعتقادى أن ذلك سوف يحدث لسببين: أولهما أن المعلومات الدقيقة عن العلم واكتشافاته وكيفية حدوثها ستصبح منتشرة على أوسع نطاق. والسبب الثانى أن الناس ستتعلم أكثر فأكثر أن هناك مصادر أخرى بجانب العلم - فالعلم مثلاً لا يستطيع أن يوفر حلولاً أكيدة لكثير من المشاكل الأخلاقية. وهو يستطيع فى أحوال كثيرة أن يعيّن بوضوح بدائل أخلاقية لكن حكمة اختيار البديل الصحيح سيتحتم أن توجد فى مكان آخر بالنسبة لكثير من المسائل.



غابة إستوائية مطيرة فى كوستاريكا . لاحظ النقص النسبى لنباتات تحت الظُّلة ، والدعامات التى قد تدعم الشجرة فى التربة الرطبة الرقيقة نسبياً .



ذكر بالغ من فراش الخليج الشطرنجى يمتص الرحيق من أزهار الجزر البرى الأبيض فى جاسبر ريدچ .



أنثى بالغة من فراشات الخليج الشطرنجية تضع كتلة بيض فوق نبات لسان الحمل .



يرقة فراشة الخليج الشطرنجية ، بعد فترة السكون المؤقت ، تتغذى على نبات لسان الحمل .

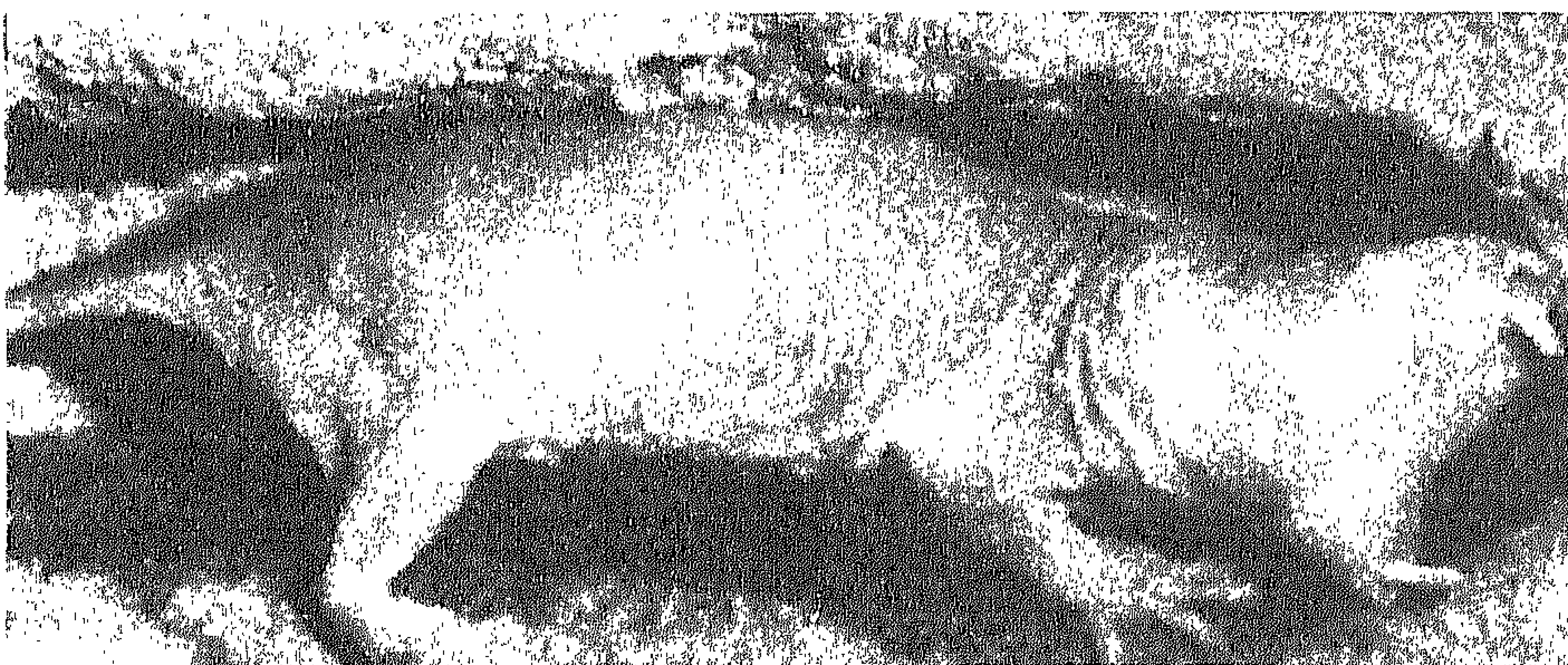


شرنقة (عذراء) فراشة الخليج الشطرنجية داخل نقرة في التربة .
طرف قلم الرصاص الموجود فى يسار الصورة من أجل المقارنة .





عصافير داروين فى جُزر الجالاباجوس هى مجموعة أنواع تمايزت – إلي حد بعيد – على أساس أحجامها وأشكال مناقيرها وأنواع طعامها . والعصفور فى الصورة اليسرى هو عصفور من عصافير الأرض له منقار كبير نسبيا ويتغذى على البذور متوسطة الصلابة وبعض الحشرات . والعصفور الموجود فى الصورة المقابلة (اليمنى) عصفور أرضى له منقار أصغر ، ومن المفترض أنه يتغذى على البذور الأصغر والأطرى وعلى بعض الحشرات . وتشمل عصافير داروين نوعا له مناقير نحيلة نسبيا ، بالإضافة إلى المناقير الشبيهة بمناقير العصافير الدورية كما يظهر فى الصورة . ويحتل العصفور نقّار الخشب ذو المنقار الشبيه بعصفور التناجر الأمريكى بيئة ملائمة تشبه بيئة نقار الخشب (الذى لا يعيش فى جزر الجالاباجوس) . ومع ذلك فهو لم يطور لساناً طويلاً مثل الذى يستخدمه نقارو الخشب لاستخراج الحشرات من الحفر التى يثقبونها . وبديلا عن ذلك يستخدم العصفور أداة – هى شوكة صبار – لاستخراج فريسته .







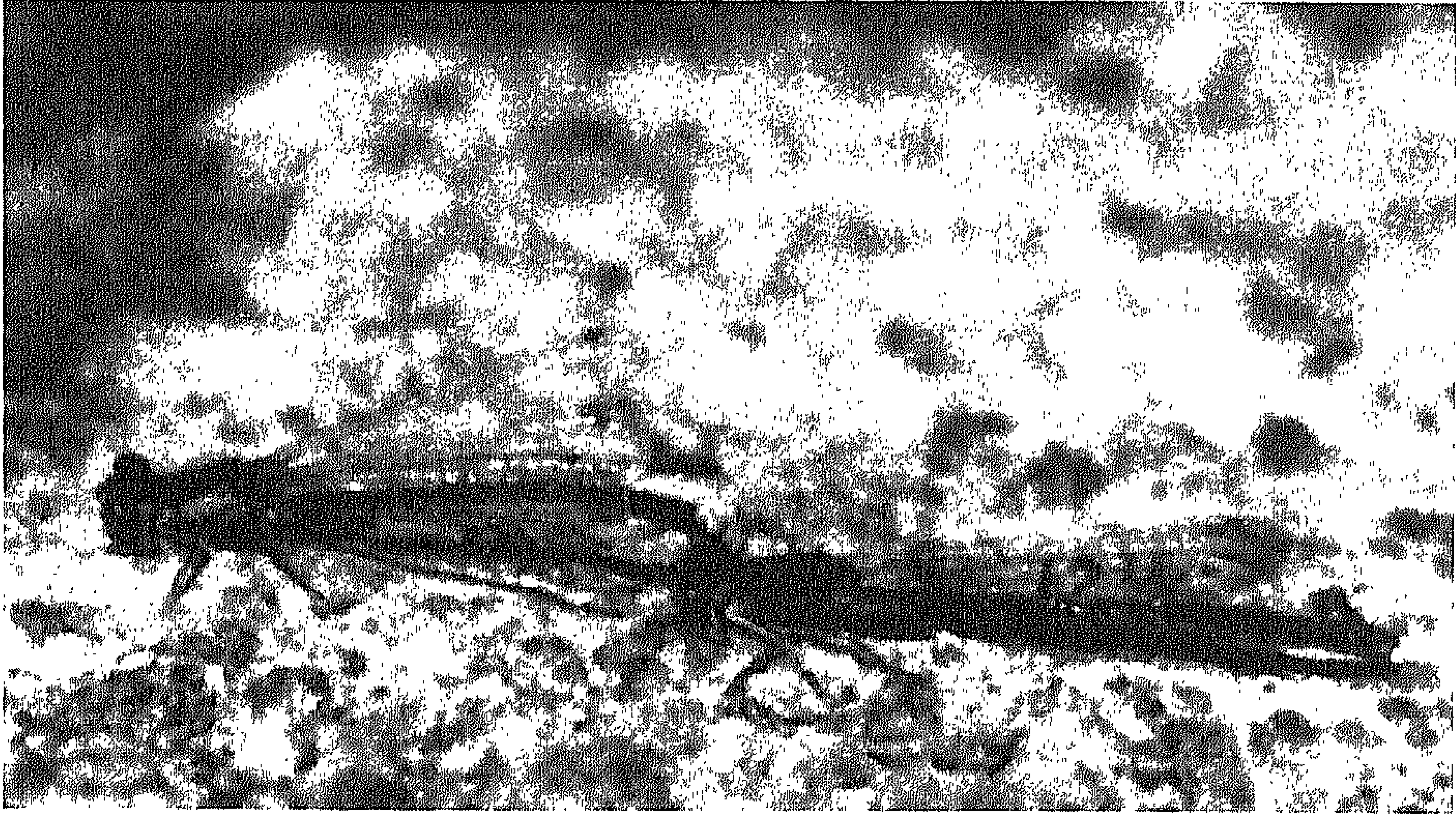
فئران الخُلد العارية ثدييات حفّارة لها نظام اجتماعى شبيه بنظام نحل العسل . وفى الصورة رقم ١ يستخدم فأر بالغ أسنانه فى حفر سرداب . وفى الصورة رقم ٢ «ملكة» المستعمرة قبل ولادتها بقليل لثلاثة وعشرين صغيرا . وفى الصورة رقم ٣ فأر فطيم يتسول مادة برازية من فأر بالغ . (الصور الثلاث عن ج .جارڤر)



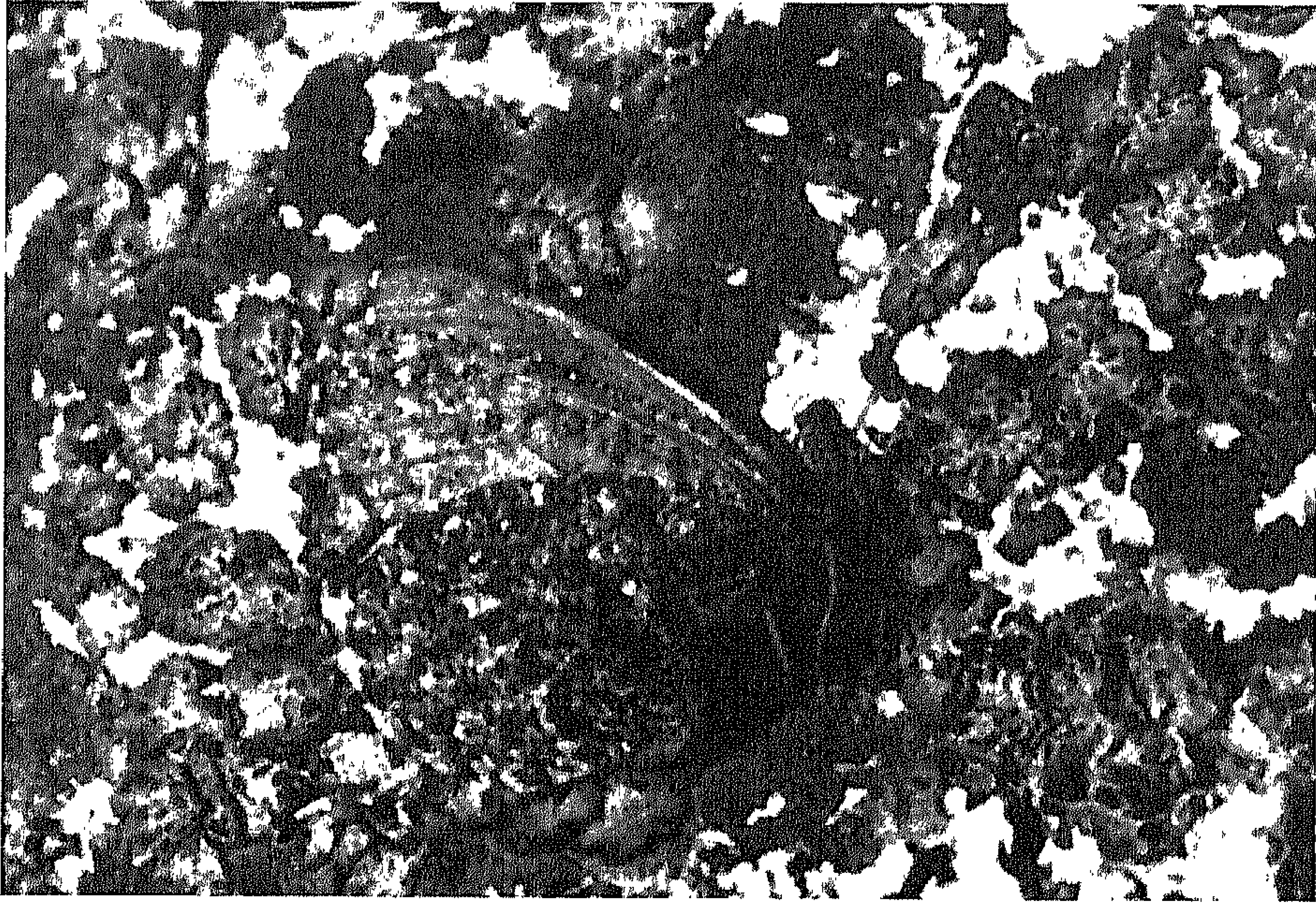
جماعة صيد اجتماعية مكونة من حيتان – أعضاء فى «سرب چى» من جنس أوركا الذى تغوص أفراده فجأة (حيتان قاتلة) . والأفراد الموجودة فى الصورة جميعها إناث أو صغار ، ويمكن تمييز الذكور البالغة بزعانفها الظهرية الأطول ، وقد يزن الواحد منها ثمانية أطنان تقريبا . والسرب الذى يعتقد أنه أسرة ممتدة ، يتنقل ويصطاد سوية . وفى منطقة القطب الجنوبى راقبت أنا وأنى سرباً صغيراً ظل يضرب بعنف قطعة جليدية منجرفة كانت قد لجأت إليها فقمة ويديل ، دافعا الماء تجاهها بشدة إلى أن أُسقطت الفقمة فى البحر وتم التهامها .



الغوريللا الجبلية فضية الظهر تتغذى على الكساء الخضرى فى الحديقة القومية للبراكين فى رواندا . إن بضع مئات فقط من هذه القرود الضخمة النباتية تقريبا ما تزال باقية على قيد الحياة فى الحديقة، التى تخضع غاباتها للاعتداءات المستمرة من جانب عشيرة رواندا البشرية المتفجرة . كل جماعة غوريللات أسرية يرأسها أحد الذكور المسيطرة ، والذى حين تتم له الغلبة على الجماعة يقتل الصغار الأبناء من آباء سابقة . وتعمل الغوريللات فضية الظهر كحاميات مؤخرات الجماعة إذا هوجمت الأخيرة من جانب الصيادين المغيرين على أرضها . ورغم المظهر الشرس والبأس الشديد للغوريللات فضية الظهر إلا أنه من السهل قتلها بالرماح أو الرصاص .



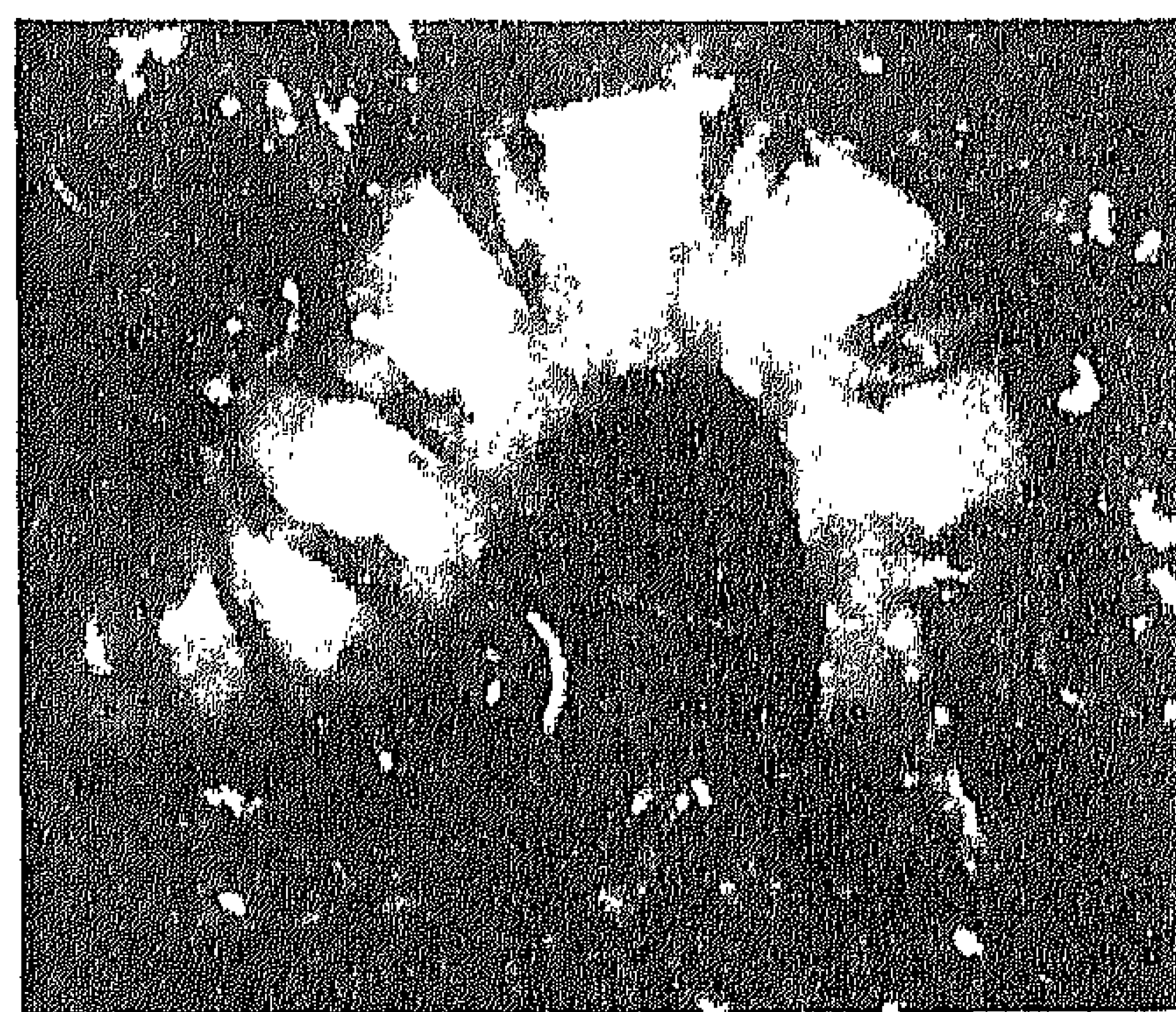
حراسة بالتلامس من جانب ذبابة العذراء (إيشنوراجيميينا) . بعد التزاوج يستمر الذكر (يسار الصورة) ممسكا بالأنثى . ويستمر قابضا على رقبتها إلى أن تضع بيضها فى الخضرة المائية (عن چون هيفرنيك وچى آر بجامعة ولاية سان فرانسيسكو) .



النقش على الجانب السفلى لفراشة جبلية يموهها وهى تتشمس فوق الصخر المغطى بالأشن .



خنفساء فاسيّة (ستينابتينس افسجنس) مرشوشة بالمُبيد . وهى مثبّتة بسلك مغرّى من على ظهرها ، وقد أُمسكت رجلها بملقط لمحاكاة هجوم نملة عليها . (عن آيزنر وأنشانسلى بجامعة كورنيل) .



(١)



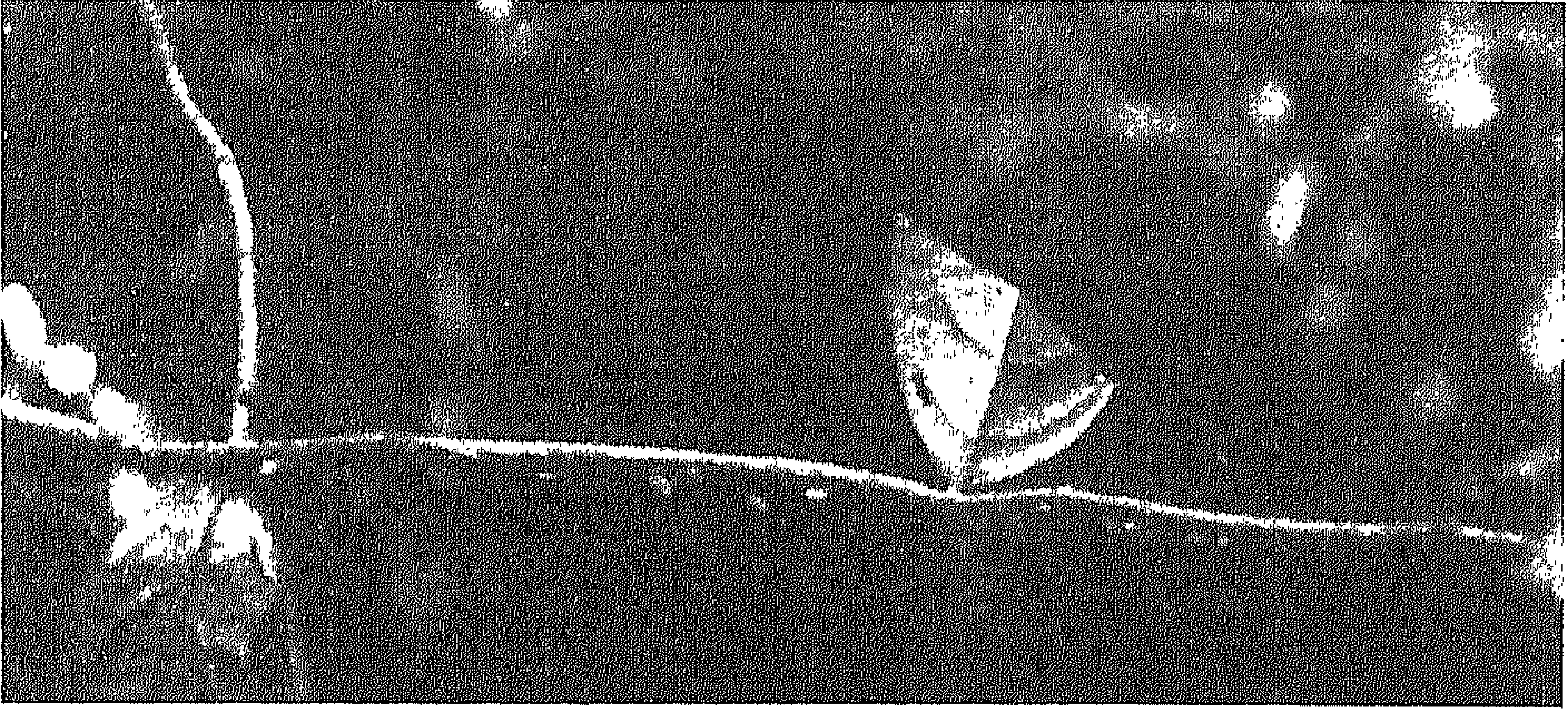
(٢)



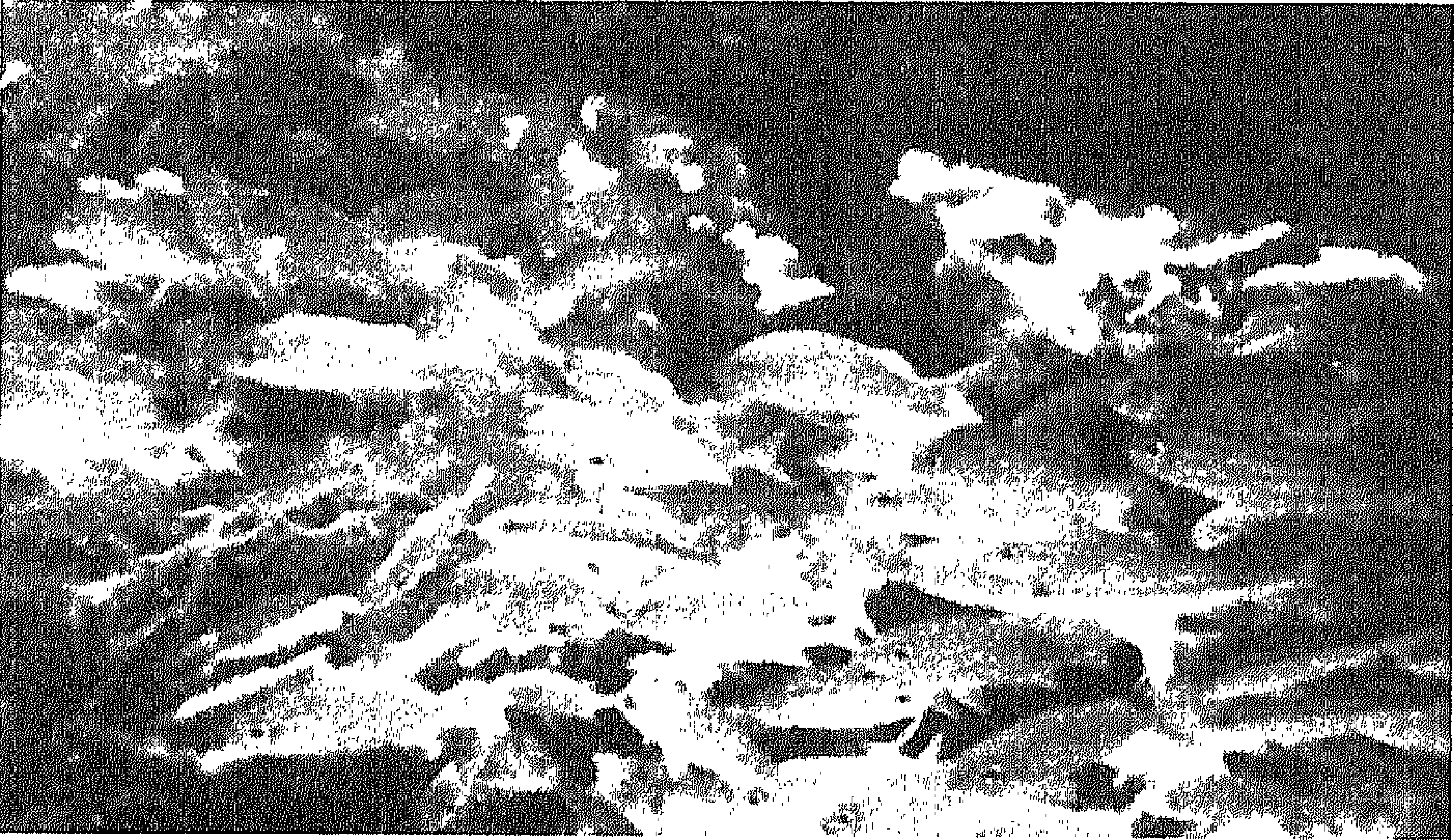
(٣)

الحشرات تهاجم بعنف : يرقات ذبابة الحصان (الصورة رقم١) تتمدد مغمورة بالطين وهى تمسك بالضفادع ذات الأرجل الجاروفية (الصورة رقم ٢) التى تقتلها بالتغذى على سوائلها . وتوضح (الصورة رقم ٣) ، المأخوذة من المجهر الالكترونى لرأس اليرقة ، الأشواك الخطافية التى تقبض بها على الضفدعة ، ويعتقد أن التجاويف الممدودة فى مقدمة الأشواك هى فتحات للقنوات الواردة من غدد السم .

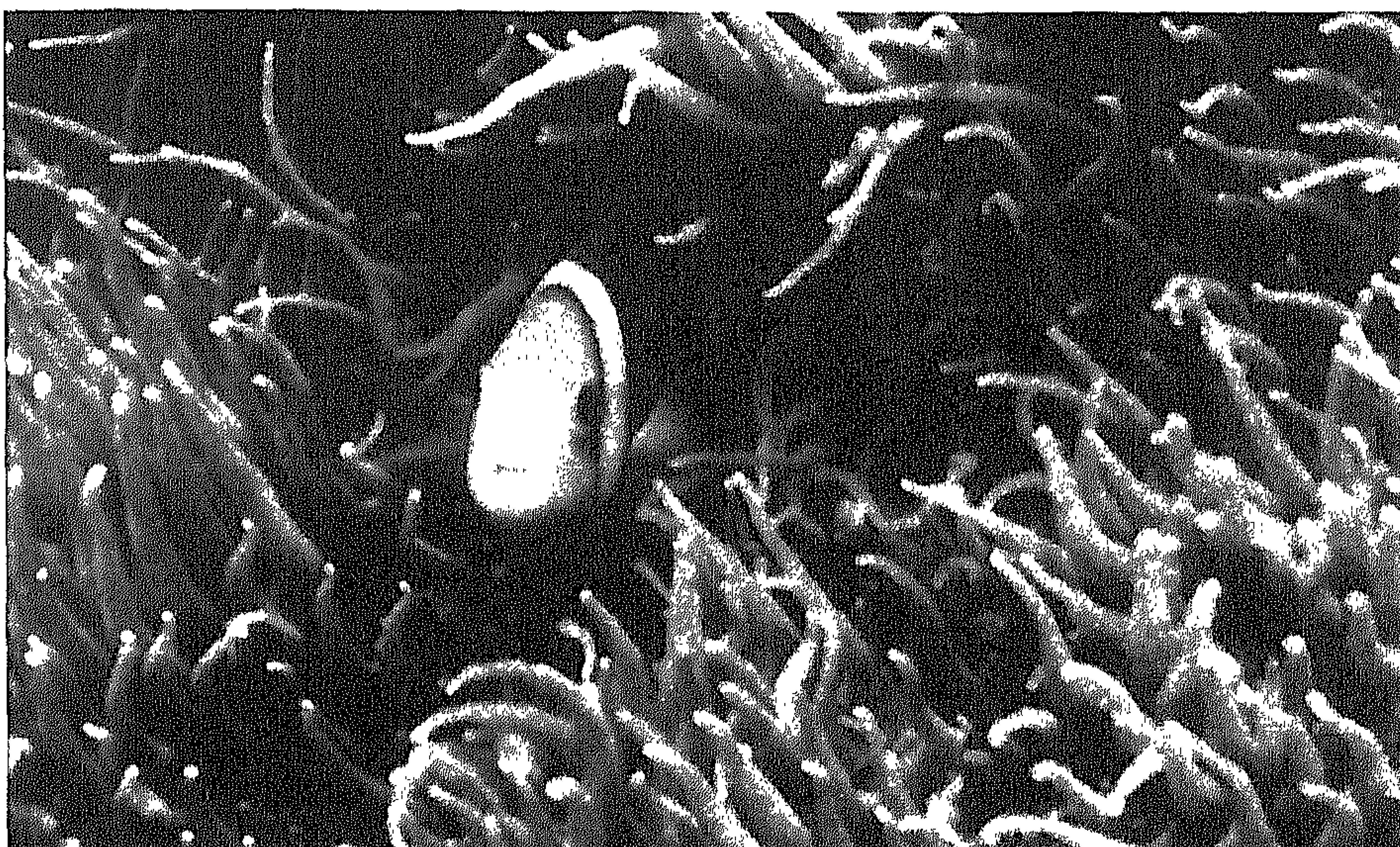
(الصور الثلاث عن آيزنر بجامعة كورنيل)



ما يبدوفى الصورة قطعة ورق محمولة على فرع بعامود من النمل قاطع الورق أو نمل «المظلة» هو فى الحقيقة الأوراق البكر لكرمة صغيرة . وقد يكون مظهرها مطابقا تماما غير أنها مغرية بالتأمل فى أن التطور يوجد المشابهة كى تساعد فى حماية الكرمة من آكلات العشب . فمثلا ، لن ترغب حشرة آكلة عشب فى وضع بيضها فوق عبء نملة ، بما أن قطعة الورق تبدو وكأنها تقود إلى عش النمل كى تقوم بوظيفة وسط نمو للفطريات التى يأكلها النمل .



سرب هاجع من النواخر الفرنسية (وأغلبها ذات خطوط مائلة) ، والنواخر ذات الفم الصغير والخطوط المتوازية (تقع أعلى يمين الصورة) ، وسمك أبو ذقن ذو الخط الوحيد القريب غالبا من الوسط ، وجميعها فوق شعب مرجانى عند سانت كروا بڤيرجين آيسلاندز بالولايات المتحدة . والأنواع الثلاثة قادرة على أن تشكل معاً أسرابا أكبر عن أن توجد منفصلة ، ومن ثم يفترض أنها بهذا تحصل على حماية أكبر ضدّ المفترسات . لاحظ كيف طورت نقوشا متشابهة حتى لايخرج فرد ما عن الجماعة ، وكيف تكوّن الأسماك المتماثلة الحجم تقريبا دون غيرها أسرابا مع بعضها البعض .



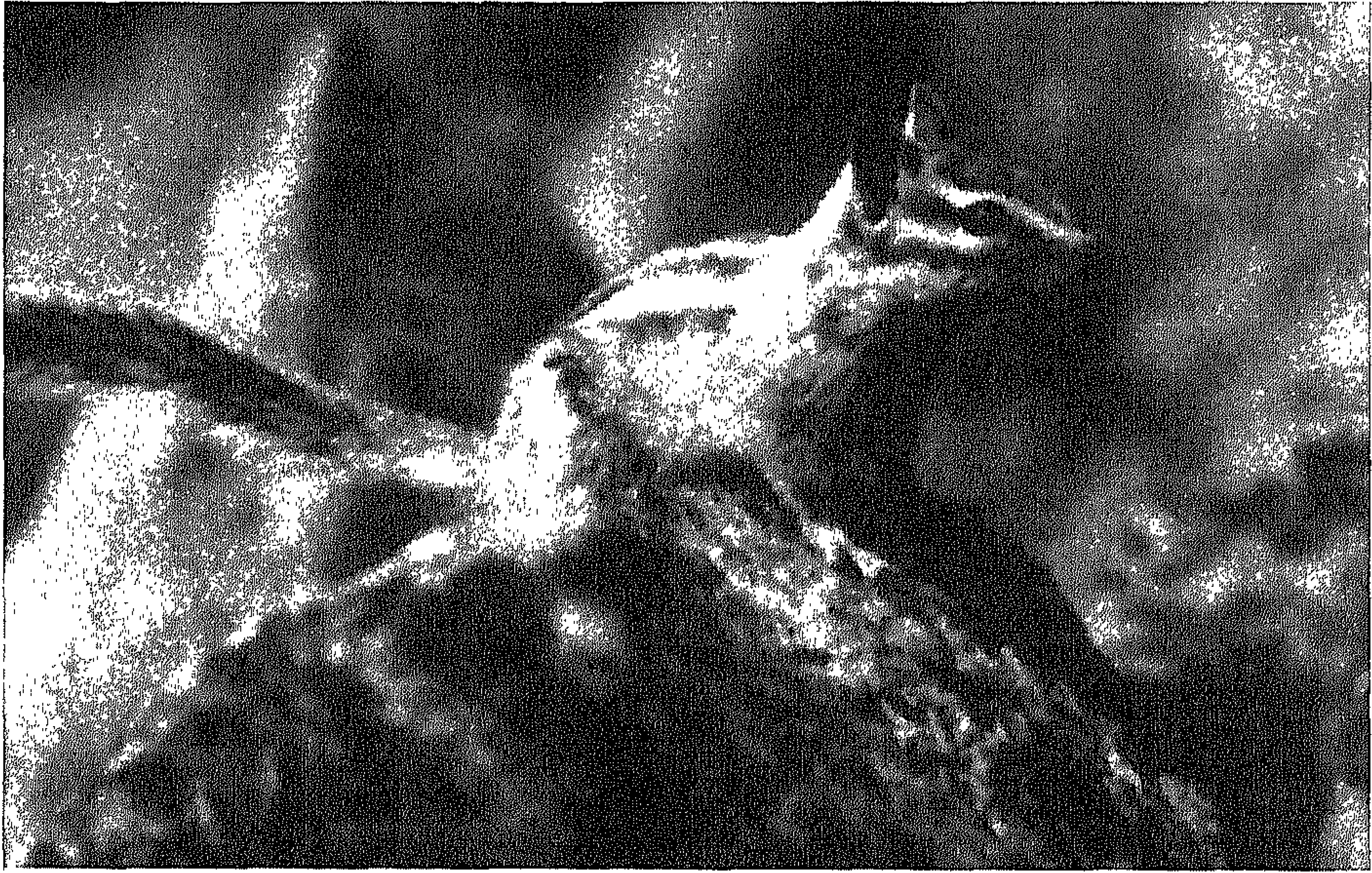
سمكة شقائق النعمان ذات الألوان المشرقة تلجأ إلى لوامس عائلها من شقائق النعمان عند راياتى فى سوسيتى أيسلاندر . وقد أصبحت أسماك شقائق النعمان محصنة ضد لسعاته ، كما يتغذى شقائق النعمان أحيانا على الأسماك ، وبذا يستفيد كلا الطرفان .



لم تصل البطاريق إطلاقا إلى مناطق القطب الشمالى ، حتى وان كانت ملائمة بشدة للنمو هناك بازدهار . وهنا يتقيأ طائر بطريق الطعام من أجل صغاره فى خليج الفردوس (باراديس باى) بشبه الجزيرة القطبية الجنوبية .



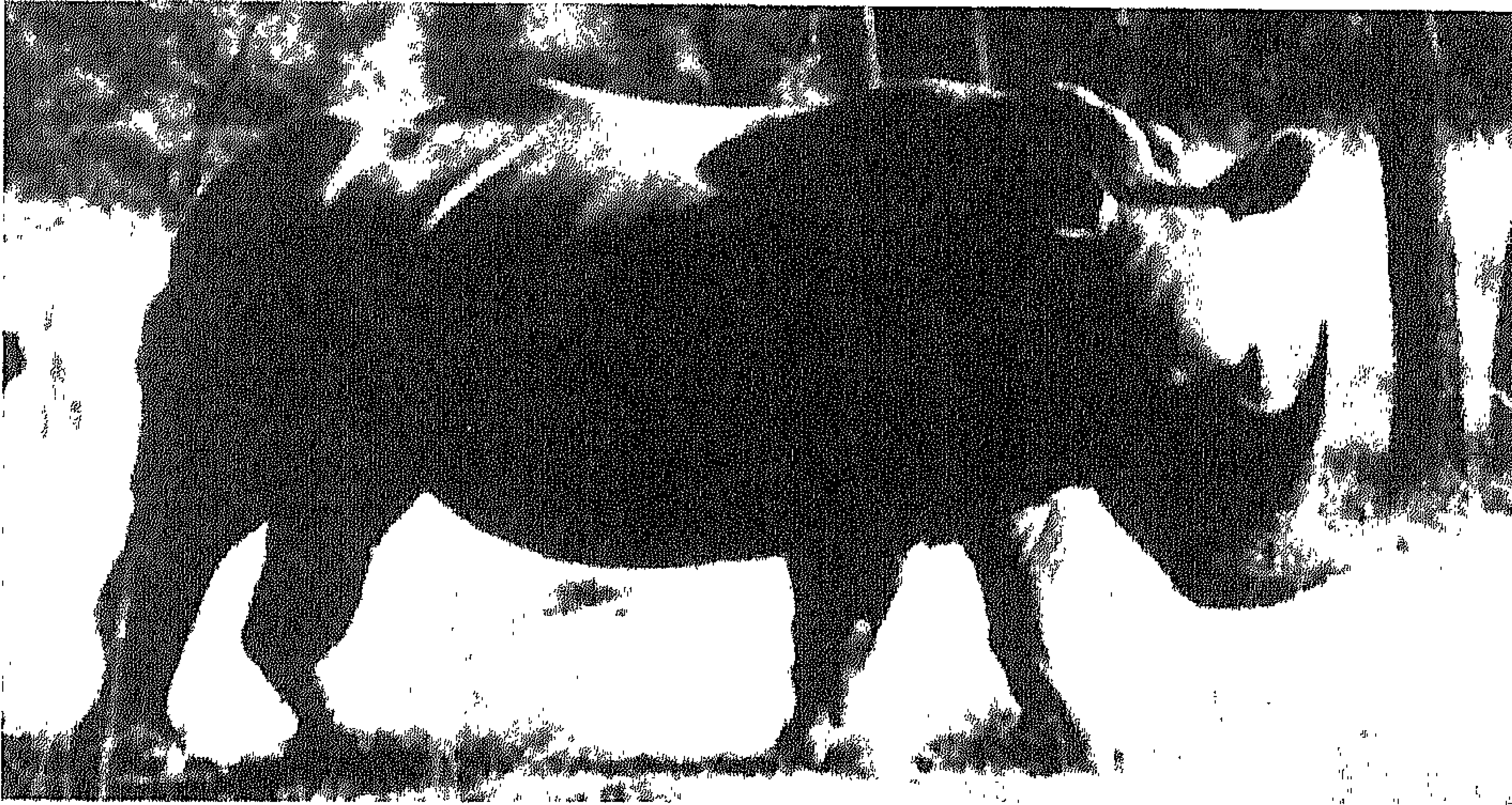
ربما كانت الماعز هى الأشد تدميرا من بين الحيوانات الأليفة التى تجول بها الانسان عبر الكرة الأرضية . وهى هنا ما تزال تساهم فى تصحر إقليم بارينجو فى كينيا .لاحظ المساحات الواسعة الخالية من الخضرة .



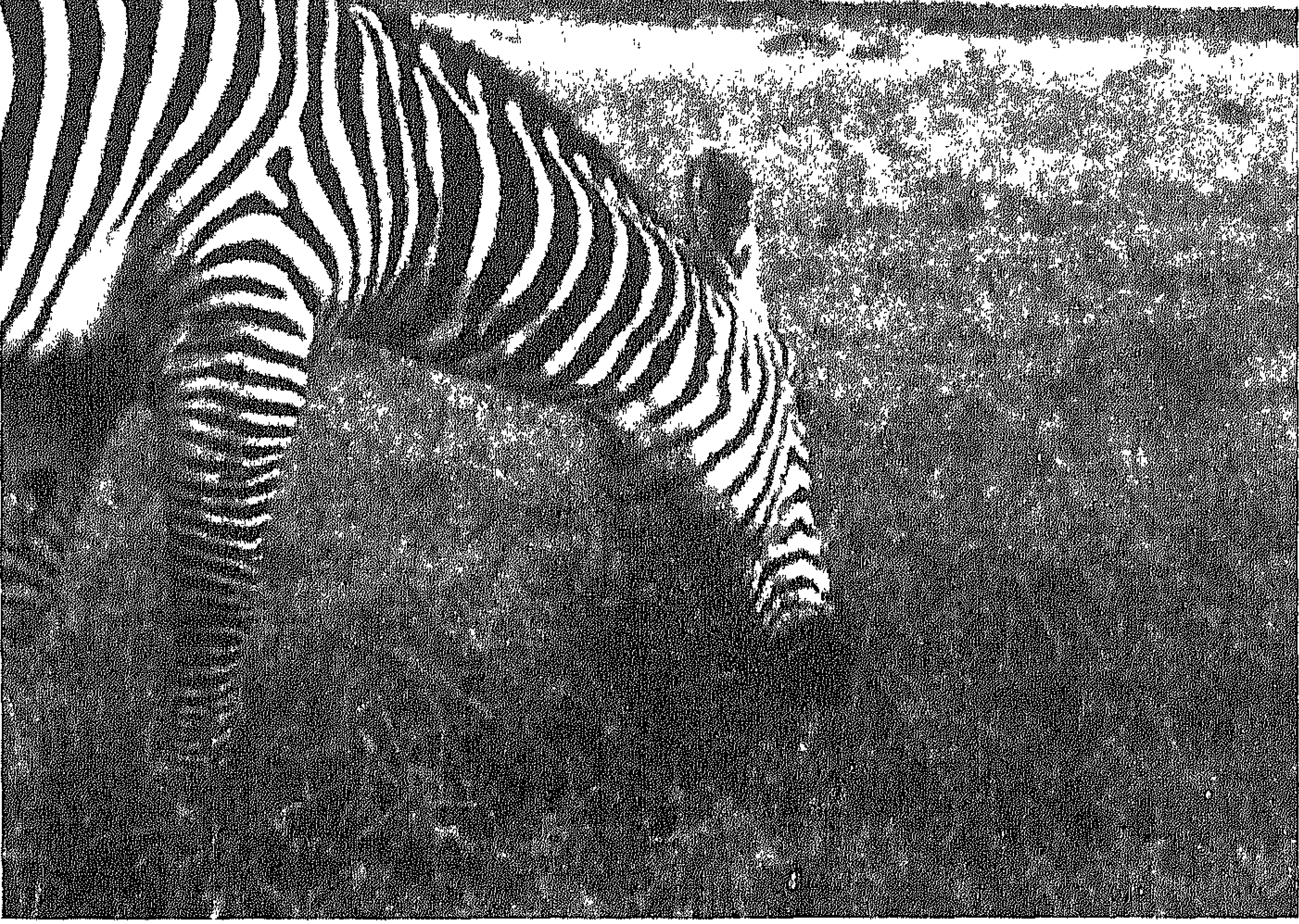
السنجاب الجبلى (الألبينى) الذى يبدو مقيدا إلى المنطقة الجبلية من سييرا نيڤادا بسبب السلوك العدوانى من جانب سنجاب سان برناندينو الذى يشغل منطقة أشجار الصنوبر الواقعة أسفله (عن كريج هيللر بجامعة ستانفورد)



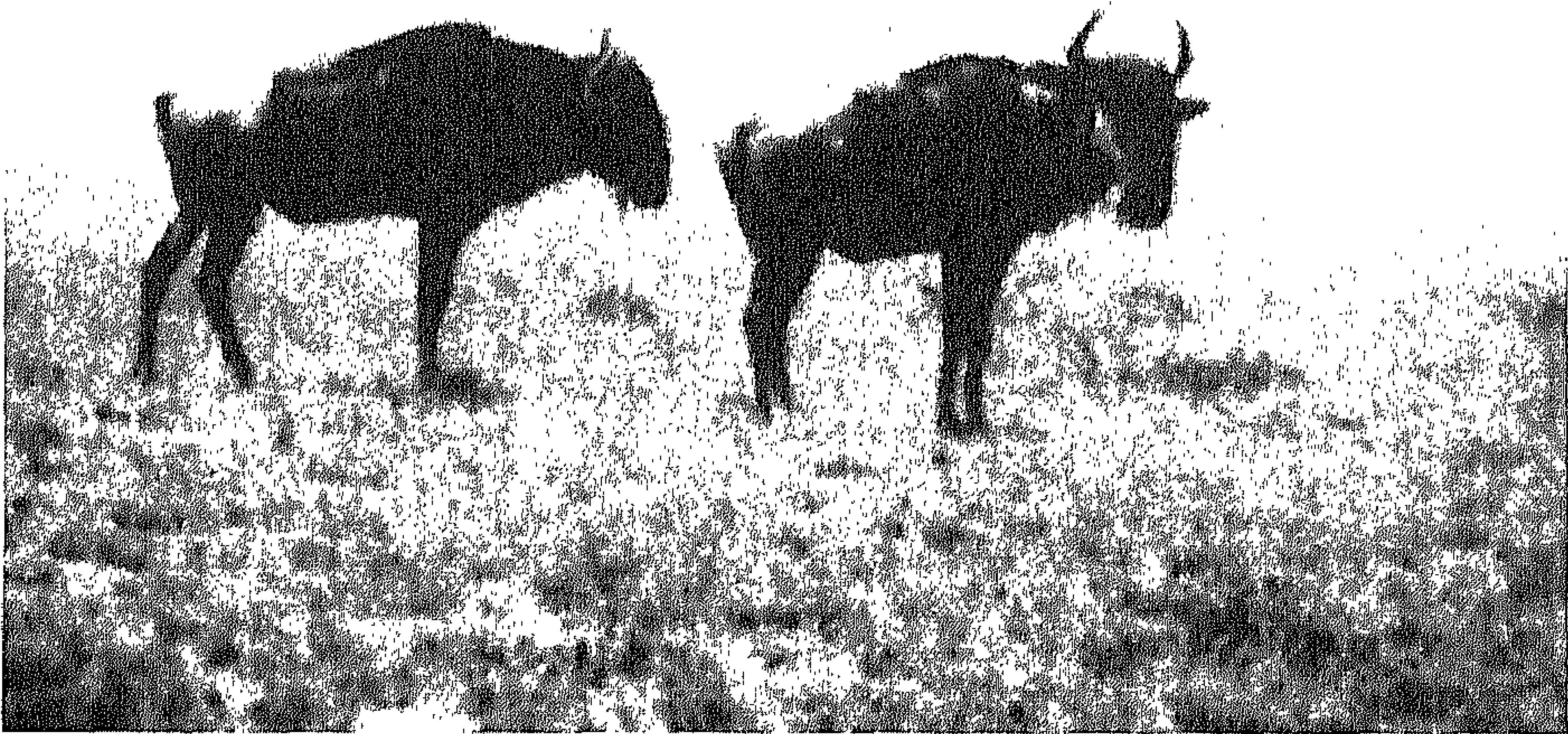
وحيد القرن الأسود يتمرغ فى الطين . لاحظ الشفة العلوية لآكل الأغصان والأفرع المرتفعة الأفريقى هذا ، الشفة الممدودة والمعدة للإمساك . إنه يتغذى على تشكيلة من النباتات الشجرية . وقرونه ، المكونة من شعر ليفى مضغوط ، لها قيمةٍ تجارية كبيرة لما يعتقد بأن لمسحوقها خواص مثيرة للشهوة الجنسية عند الهنود والصينيين ، كما تقدّر بسبب إمكانية أن تصنع منها خناجر تمنح كهدايا فى طقوس البلوغ عند سكان الشرق الأوسط . ونتيجة لهذا فان سرقة الصيد أهلكت القسم الأعظم من عشائر هذا الكائن الذى كان شائعا فيما مضى .



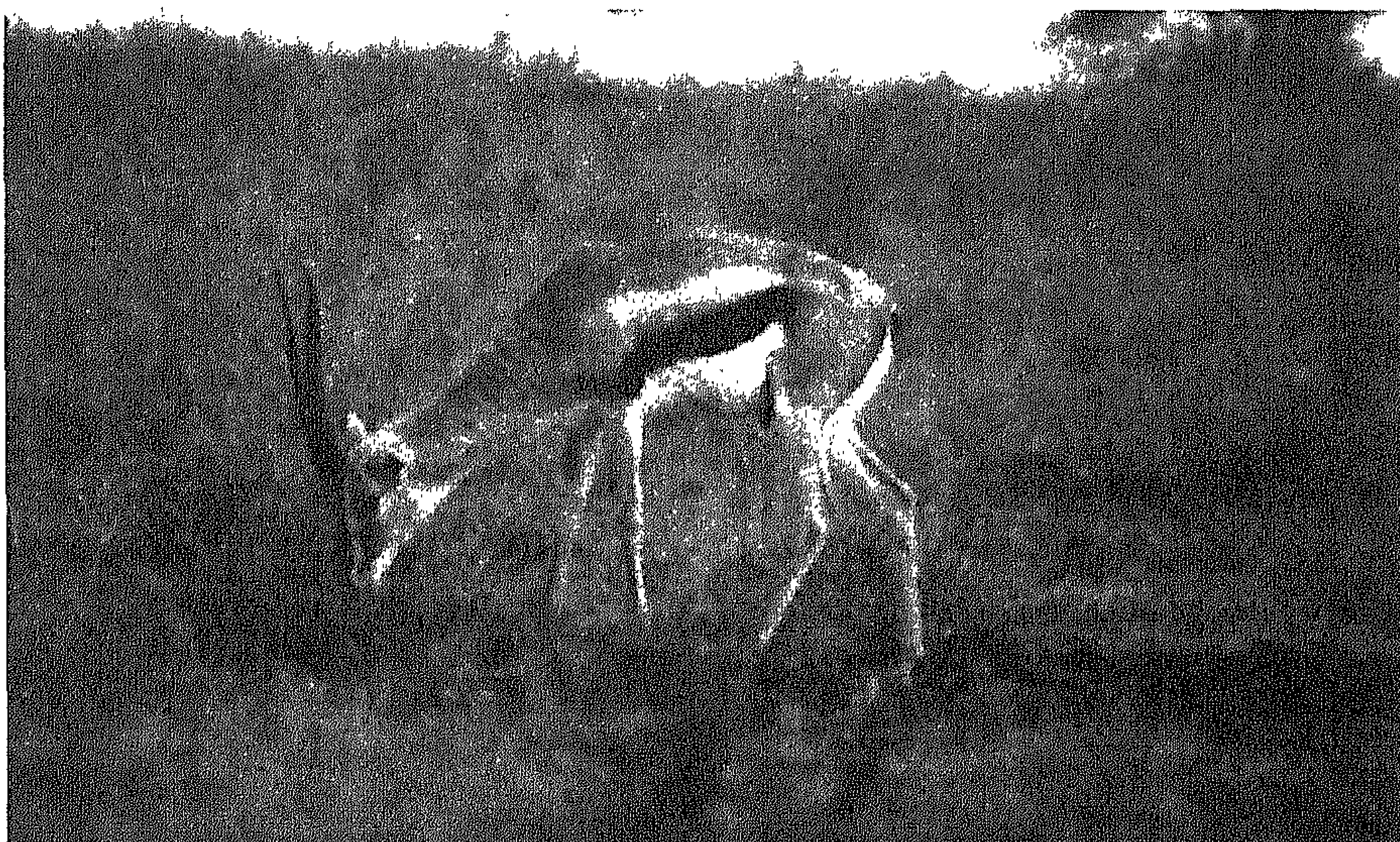
وحيد القرن الأبيض ، على خلاف وحيد القرن الأسود ، يرعى الأعشاب المنخفضة. لاحظ شفته العليا المستقيمة التى يستمد منها اسمه ، والذى لايستند إلى لونه بل يأتى من الكلمة الألمانية *weit* ومعناها «واسع» والتى استخدمت لوصف شكل فمه . ووحيد القرن هذا ، الطيّع إلى حد ما ، لونه رمادى بدرجة أخف من وحيد القرن «الأسود» ، الأكثر خطورة ، وهو أكثر ندرة وأقلّ انتشارا . والنوعان حيثما يتواجدان يتقاسمان بدقة مواردهما الغذائية .



الحمار الوحشى هو أول حيوان من مهاجرى سيرينجيتى ينتقل الى التربة المنحدرة حين يبدأ فصل الجفاف ، وهو يتغذى بشكل ملحوظ على سوق الأعشاب قصيرة البروتين حين تجف .



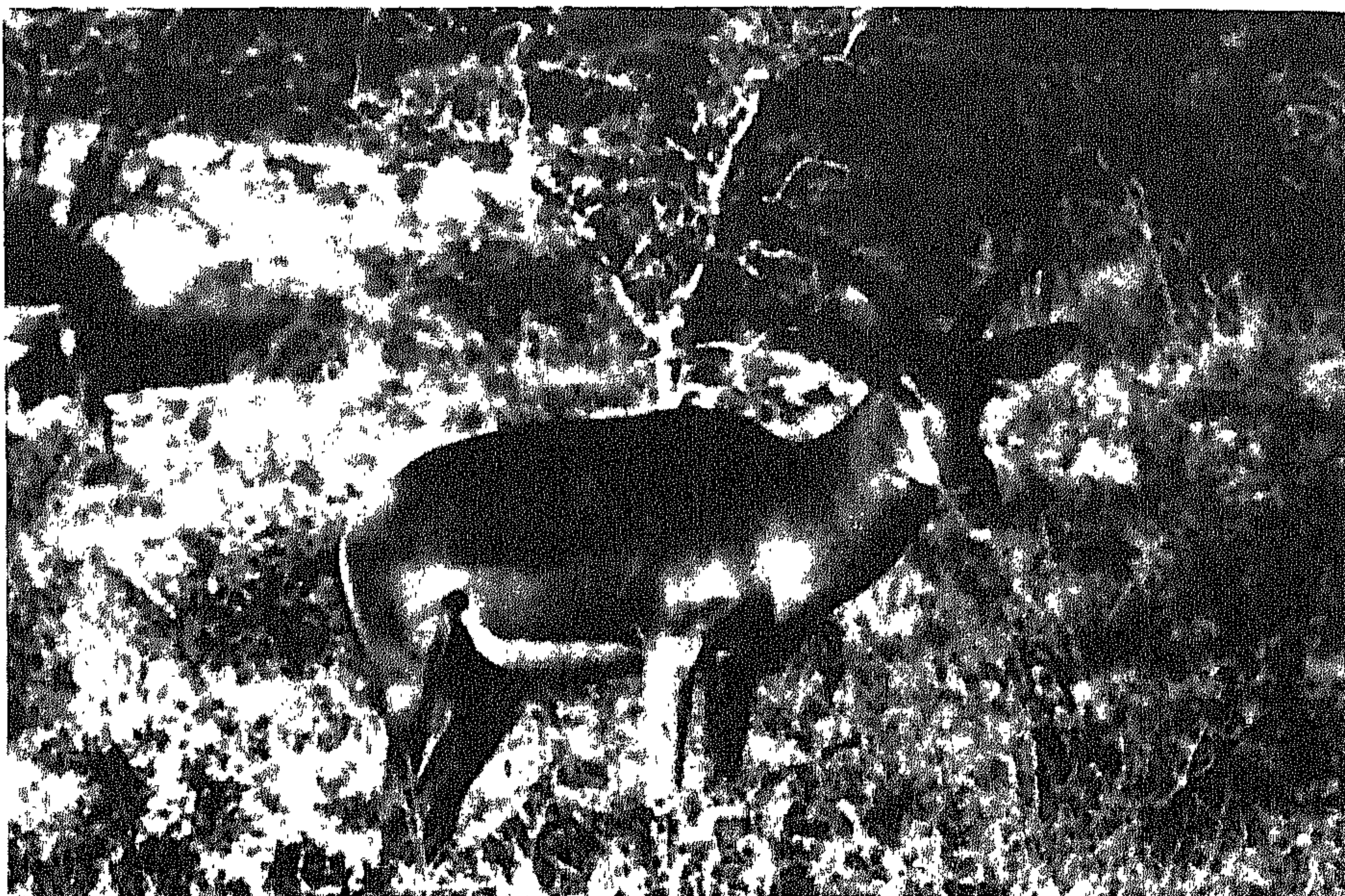
التياتل (النوّات)تتبع الحمير الوحشية ، وتتغذى بدرجة أكبر على الأوراق التى تحتوى على بروتين أكثر من السوق التى جُزّت على يد سابقيها



ظباء أو غزلان طومسون (الطوميات) التى يبلغ ارتفاعها ٢/١ ٢ قدم تقريبا عند الكتف . وهى ترعى فى سيرنيجيتى ، فى أعقاب الحمير الوحشية وظباء طومسون، المناطق التى أصبح بها القليل مما يمكن الحصول عليه من الحشائش غير العشبية التى تستطيع الظباء أكلها بصورة انتقائية بسبب أخطامها النحيلة .



جاموس أفريقية وقد حطّ فوق ظهرها ناقرو الثيران التكافليون ، الذين يتغذون على القراد والذباب مصاص الدماء ، هذه الطيور تساعد الجاموس فى حين تحصل هى على طعامها الخاص .



ذكر إمبالا بالغ . يتوطن هذا التيتل الرشيق (دون هجرة) غابات السنط (الأكاسيا) فى سيرينجيتى .



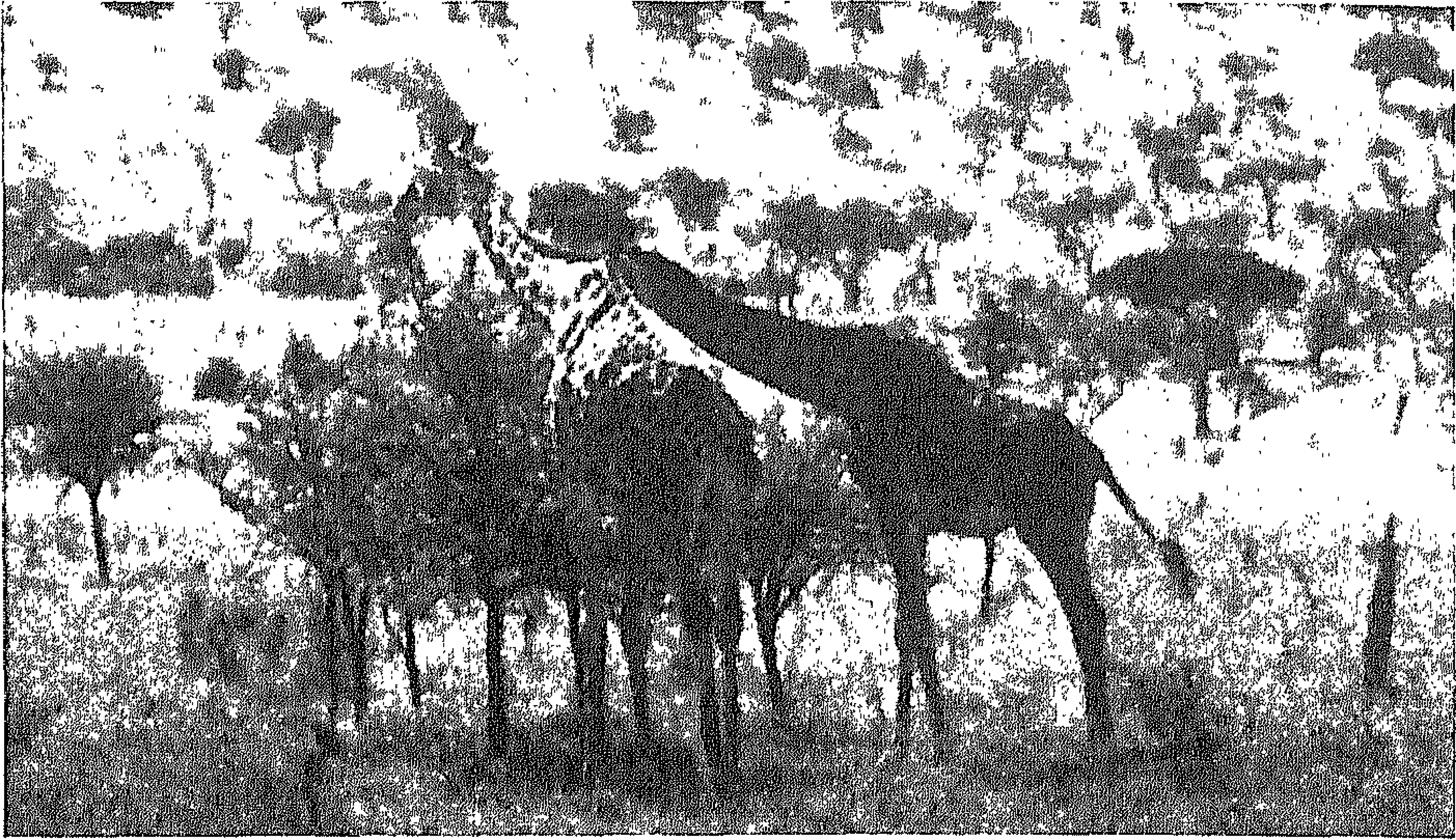
فهد صياد هاجع . إن عدّاء المسافات الطويلة النحيل هذا هو المفترس الكبير الوحيد فى سيرينجيتى الذى لايعمل كمحلّل .



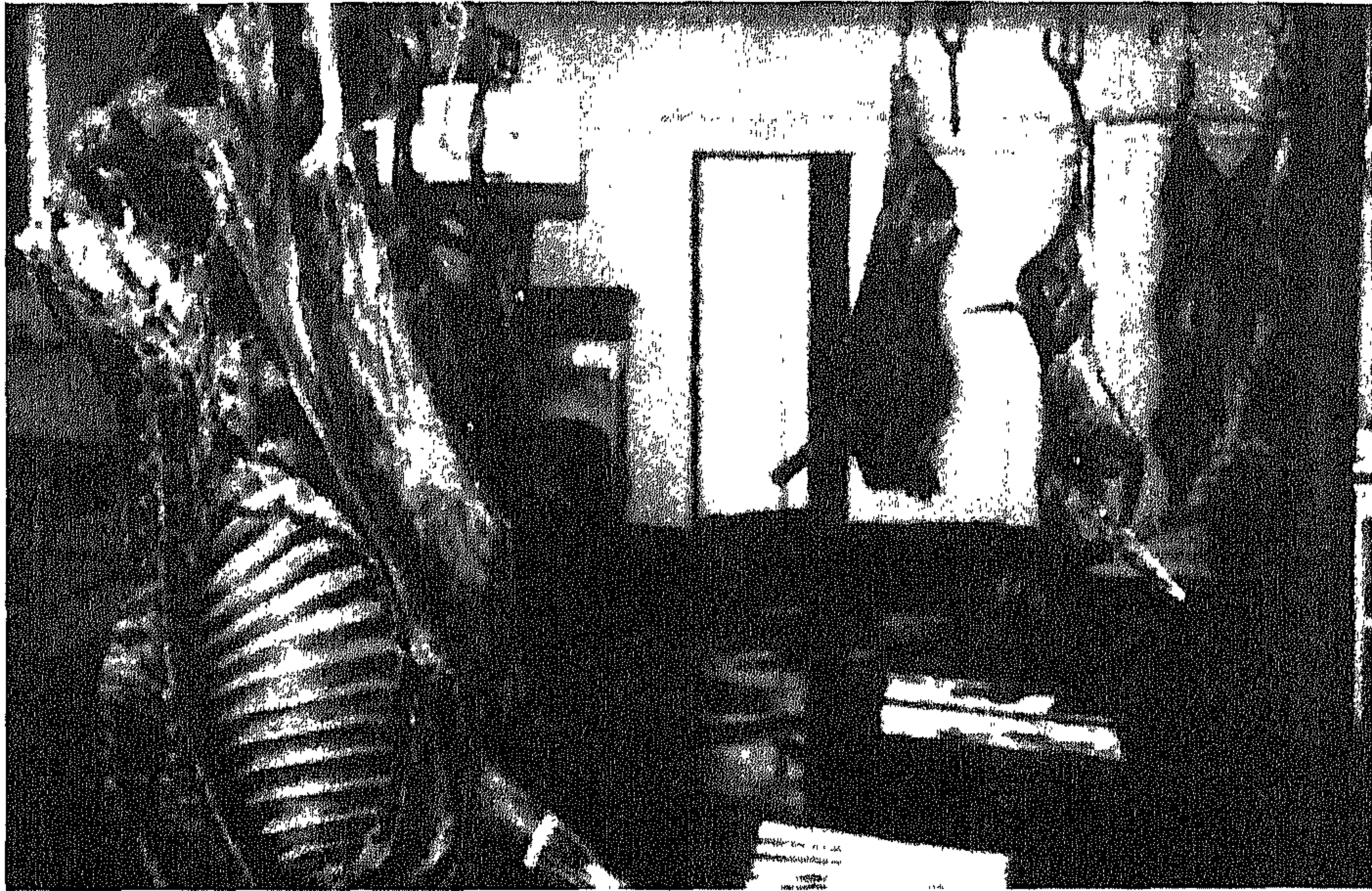
لقالق أبو سُعّن ومعها أبو منجل المقدس فى مقدمة الصورة . هذه الطيور الكبيرة مفترسات ومحللات، غير أن مناقيرها ليست قوية بدرجة تكفى لتمزيق اللحم ، ولهذا يتحتم عليها أن تختطف النفايات بعيدا عن النسور.



التصحر فى الساحل . أفراد من قبيلة فى فولتا العليا عام ١٩٧٣ يراقبون قطعان ماشيتهم وهى تضمحل بالموت جوعاً عندما تحولت مراعيهم تدريجيا إلى أراض قاحلة .



زرافات تأكل من قمم أشجار السنط فوق منحدرات فوهة بركان نجورونجورو فى سهل سيرينجيتى . والزرافات قادرة على استهلاك الأجزاء النباتية التى يصعب على آكلات الأفرع العالية الأخرى الكبيرة الوصول إليها وهى تلعب دورها فى اقتسام الموارد بين ذوات الحوافر الإفريقية.



مرفق تجهيز اللحوم فى رنش هوبكرافت للطرائد ولحومها . وتظهر فى مقدمة الصورة أجساد ذبائح الأبقار الوحشية الضخمة ، وفى الوسط جسد ذبيحة الظبى الكونغونى ، وعلى اليمين جسد ذبيحة ظبى طومسون .

## الفصل الرابع

# هذا لذاك (فرداً لفرد) الافتراس والتكافل والتنافس

تولّد كلمة "المفترس" شعوراً بوخز خفيف عند معظم الناس. وربما تستدعى إلى الأذهان صورة سمكة القرش الضخمة التى تهاجم خلسة امرأة تستحم بملابس البحر عند منتصف الليل فى المشهد الافتتاحى لفيلم الفكوك (عرض تجارياً فى مصر باسم الفك المفترس –م) – أو تستحضر الكلمة مشهد رعب مماثلاً. والمواجهات مع المفترسات الضخمة مثيرة فى الغالب للايكولوجيين كذلك. وهى تشكل جانباً من أكثر ذكرياتى الحية الباقية منذ أربعة عقود فى مجال البيولوجيا. فذات أمسية مشرقة من عام ١٩٥٥ وفى الأصقاع الواقعة جنوبى المنطقة القطبية الشمالية كنتُ وبعض الأصدقاء جامعى الفراشات نقود سيارتنا ببطء على امتداد طريق داخل حديقة جبل ماك كينلى القومية فى ألاسكا، آملين فى الحصول على صور للدب الأشهب، أكبر مفترس أرضىّ فى أمريكا الشمالية. كان الوقت أواخر الربيع والحديقة خالية تقريباً من السائحين. وسمحنا لعربة نقل كبيرة باجتيازنا وفجأة رأينا على يمين وأمام عربة النقل أنثى دب تُكلات الشهباء وصغارها الحولية. وبديلاً عن التوقف هاجمت العربة الدببة فى الحال وطاردتها على الطريق مثيرة سخطنا ومثيرة كما تكهنت سخط الدبة الأم. وبعد أن طُوردت الدببة مائة ياردة تقريباً تفرقت، فصعدت الأم إلى أعلى المنحدر وهبطت الصغار إلى أسفله. وضغط سائق عربة النقل بقوة على فرامله وقفز زميله إلى الخارج (دون سبب واضح) وجرى ملوحاً بيديه للدببة الصغيرة التى توقفت على مسافة عشر ياردات تقريباً من الطريق. وأعددت آلة التصوير حين كانت الصغار تراقب الحدث– وتخيلت أن صورة أو صورتين لشخص غبىّ ممزق الأوصال على أيدى دبة أم شهباء ستكون ذات قيمة تجارية ما. لكن الحظ لم يواتنى. فأنثى الدب لم تهاجم الرجل الملوِّح وبعد لحظات قليلة دارت الصغار حوله ببساطة كى تلحق بها وغادر الجميع المكان.

الدببة وأسماك القرش كلاهما على غير المتوقع يأكل البشر أحياناً، ولكن معظم المواجهات تنتهى بتراجع مفترس غير الآدميين أمام أشد الحيوانات خطورة فوق الكوكب. وفى الواقع كانت الفريسة الوحيدة التى شاهدت الدب الأشهب يلتهمها فأراً، أنفق دب ذكر ضخم نصف الساعة فى استخراجه من منحدر التُّندرة فى حديقة ماك كينلى. ولم يستطع بأية حال استرجاع طاقته المبذولة.

تفاعلات المفترس – الفريسة مجموعة واحدة عامة للعلاقات بين الكائنات الحية اللصيقة ايكولوجياً. وهى تشمل فى تعريفها الواسع تفاعلات الطفيل – العائل، وآكل العشب – النبات بالإضافة إلى التفاعل الكلاسيكىّ آكل اللحوم – الفريسة. كل هذه العلاقات تتضمن أن يأكل نوع من أنواع الكائنات الحية نوعاً آخر حتى لو كان الآكل صغير الحجم جداً عند مقارنته بالمأكول. وفضلاً عن الافتراس هناك نموذجان آخران للعلاقات يستخدمان بصورة أساسية تفاعلات فرد مع فرد (وهو ما سنبحثه فى هذا الفصل لاحقاً). وهذان النموذجان هما التكافل حيث يُفيد نوعان كل منهما الآخر، والتنافس حيث يُضارّ نوع من قبل نوع آخر (أو يُضارّ النوعان معاً) دون أن يأكل أىّ من الكائنين الكائن الآخر. هذه الضروب من التفاعلات بين الأنواع ذات الفعاليات المتداخلة ايكولوجياً بإحكام هى نقطة البداية فى إيكولوجيا المجتمعات. وفهمها أساسىّ لحل اللغز المتعلق بما يتحكم فى خليط الكائنات الحية التى تعيش معاً فى أية منطقة.

كل فرد من الكائنات الحية (عدا النباتات الخضراء) مضطر إلى أن يأكل فرداً آخر، ولذا فالافتراس بشكل ما يبدو العملية الأساسية بدرجة أكبر فى التفاعلات. وحين ننظر إلى اكتساب المغذيات المشار إليه فى الفصل الأول نلاحظ أن الاهتمام كان منصباً هناك على الأفراد. والواقع أن الأدبيات المزدهرة المتعلقة بـ "البحث عن الطعام" تُعنى بمسائل مثل كيف وتحت أيّة ظروف تنتقل المفترسات الفردية الانتقائية من فريسة من نوع ما إلى فريسة من نوع آخر. لكن اهتمامنا هنا فى هذا الفصل لا يدور حول الفرد – وما إذا كان الدب الباحث عن فريسة "يحقق منفعة" من محاولة صيد واحدة على سبيل المثال – بل ينصب الاهتمام على العشائر. وكالمعتاد فالأمور هنا تغدو معقدة. وعند النظر فى مجموعات من الأفراد يواجَه الايكولوجيون بأسئلة كثيرة جديدة مثل: هل يمكن أن تتعايش عشيرة مفترسات مع عشيرة فرائس؟ وإن فعلا ذلك فما هو انعكاس هذا على حجم العشائر؟ هل تتحكم المفترسات عادة فى حجم عشائر الفريسة؟ ماذا يحدث للعشيرة المفترسة لو أن حجم عشيرة الفريسة أصبح أصغر أو أكبر؟ هل تطور المفترسات "حذراً" يحول دون مغالاتها فى أكل الفرائس؟

هذه الأسئلة تتعلق بما هو أكثر من الاهتمام النظرى. فالبشر يتصرفون غالباً كمفترسين – ينطبق هذا عليهم بوصفهم صيادين للأسماك المحيطية. وفهم تفاعلات المفترس– الفريسة مهم من أجل تخطيط استراتيجيات محصولية داعمة. والبشر هم عادة فرائس لعدد ضخم من الكائنات الحية. والواقع أن الابيديميولوجيين (الذين يدرسون سياق الأمراض فى العشائر) يولون اهتماماً متزايداً للعلاقات الايكولوجية والتطوريّة للإنسان مع مفترسيه الأصغر بدءاً من الديدان المعوية والطفيليات الأولية التى تُسبِّب الملاريا وانتهاءً بالبكتيريا والفيروسات. وفضلاً عن ذلك فالآفات الضارة

بالمحاصيل وحاملات الأمراض يمكن التحكم فيها فى أحوال كثيرة بواسطة المفترسات - إما بصورة طبيعية أو بمساعدة الإنسان. وإدراك كيف ومتى نعاون تلك المفترسات النافعة يتطلب عادة معرفة تفصيلية بالتفاعلات بينها وبين فرائسها.

أحد الأبحاث الأولى عن علاقات المفترس - الفريسة أنجزت على يد الرائد الايكولوجى الروسىّ ج.ف. جوس. ففى بداية الثلاثينيات درس جوس عشائر نوعين من الأوليات فى المعمل. إحداهما من جنس بارامسيوم وكانت عشيرة الفريسة، والأخرى من جنس ديدينيوم وكانت عشيرة المفترس. وحين وضع الاثنان معاً فى أنبوبة اختبار بها ماء يحتوى على غذاء للبرامسيوم لم تختلف النتائج قط. فقد عثر الديدينيوم على كل أفراد البرامسيوم وأكلها. وبعدئذ جاع الديدينيوم نفسه حتى الموت. إن عشيرة المفترس قضت على عشيرة الفريسة ثم انقرضت.

ربما لم تكن هذه النتيجة مرضية لجوس، طالما أن التجارب العملية (مثل النظرية) يفترض أنها تساعد المرء على فهم الطبيعة بتبسيطها - وليس بالحصول على نتائج عكس كل الخبرة فى العالم الحقيقى. ففى الطبيعة لا تأكل المفترسات فى الأحوال العادية كل الفرائس ثم تنقرض. وطيور أبو الحنّاء تأكل الديدان ولكن فى كل عام تبقى طيور أبو الحنّاء وتبقى الديدان. ونعود إلى التجربة.

حاول جوس فيما بعد خلق ملجأ للبرامسيوم بوضع بعض الصوف الزجاجى فى قاع أنابيب الاختبار. غير أن هذا لم يحل المشكلة بطريقة أفضل بالنسبة لكل منهما. فبعض البرامسيوم كان قادراً بالفعل على الهرب من الديدينيوم ولكن الديدينيوم جاع بعد التهام ما استطاع الوصول إليه من البرامسيوم، أما البرامسيوم المختبئ فقد تكاثر فيما بعد من جديد فى الأنبوبة. إن عشيرة المفترس تنقرض أما عشيرة الفريسة فقد استعادت قوتها. لقد كان جوس قادراً فى النهاية على جعل نوعى الأوليات يتعايشان بواسطة هجرة زائفة من مصدر خارجىّ - فبين حين وآخر كان يدخل المزيد من البرامسيوم والديدينيوم إلى النظام محاكياً بيئة متغايرة العناصر تشمل كلا من البيئة الأصلية و"جزيرة" تبعث مهاجرين بصورة دورية.

هل ترى أنه شيء جبار قريب من الاحتيال؟ ربما، لكن الطبيعة تحوى نظماً قليلة ثمينة معزولة أصلاً، وفى أقل القليل منها يكون للنوع المفترس فريسة واحدة والعكس بالعكس، كما أنه فى قليل جداً منها يكاد ينعدم تنوع الموطن. ومحاولات جعل المفترس والفريسة يتعايشان فى عالم صغير (حرفياً "كون صغير" مصمم يمثل العالم الحقيقى) تصبح ناجحة ولو لفترات محدودة وذلك فقط حين يكون العالم الصغير كبيراً بدرجة تكفى لاحتواء مقدار عظيم من التغاير الوراثى البنائى - وهى مواقع مفضلة من جانب الكائنات الحية المعزولة بواسطة حواجز. حينئذ تمنع الهجرة بين المواقع انقراض أى النوعين داخل العالم الصغير ككل.

من الواضح أنه فى نظام بسيط تستطيع المفترسات خلق أثر فاجع على عشائر الفريسة وأن عشائر الفريسة تستطيع التحكم فى مصائر المفترسات. فهل يوجد دليل على أنهما يستطيعان فعل ذلك فى الطبيعة؟ المثال المفترض الأكثر شهرة على تلك التفاعلات القوية بين المفترس والفريسة فى الطبيعة مستمد من سجلات تجارة الفراء فى شركة هدسون باى. إن عدد فراء الأوشاق والأرانب الوحشية ذات الأحذية الثلجية المباعة إلى الشركة سنوياً مسجلة منذ وقت مبكر فى القرن الماضى وتعد دليلاً موثقاً عن حجم عشائر تلك الحيوانات. وتوضح السجلات أن أحجام عشائر هذين النوعين متقلّبة مع ذروات فى وفرتها كل عشر سنوات تقريباً. فالأوشاق التى تأكل الأرانب الوحشية توجد عموماً فى صورة عشائر كبيرة فى نفس الوقت أو بالضبط بعد أن توجد العشائر الكبيرة للأرانب – بمعنى أن دورات منحنيات العشائر للنوعين متوافقة تقريباً، مع ميل لأن تصبح ذروات منحنيات الأوشاق قليلة بعد أن تكون ذروات منحنيات الأرانب الوحشية قد أصبحت كذلك.

يبدو للوهلة الأولى أن لهذا النمط مغزى. فحين تكون الأرانب الوحشية وفيرة تربّى الأوشاق المغتذية بصورة جيدة صغارها بسهولة وتتضخم عشائرها. والأعداد المتعاظمة من الأوشاق تُهلك القسم الأعظم من عشائر الأرانب الوحشية، ويفضى هذا بدوره إلى أوقات عصيبة للأوشاق وإلى انحدار عشائرها. ومع تخفيف ضغط الافتراس من جانب الأوشاق تُبنى عشائر الأرانب الوحشية من جديد، وتستمر التقلّبات. كل الأمور تبدو لطيفة للغاية لكن من المحتمل أن تكون على خطأ، جزئياً على الأقل. فالأوشاق لا تستطيع التوالد وصغارها لا تنضج على نحو راسخ يكفى لمباغتة الأرانب الوحشية وإعاقة نموها بالسرعة المطلوبة. وعلاوة على ذلك ففى بعض الجزر التى تكون الأوشاق غير موجودة فيها تتقلّب أحجام عشائر الأرانب الوحشية بنفس الطريقة بالضبط.

أسباب دورات حياة هذين النوعين ربما تكمن فى تفاعلات عوامل أخرى مع نظام افتراس الأوشاق للأرانب الوحشية وخاصة علاقة الأخيرة بما تأكله من نباتات. وعلى سبيل المثال فإن انحداراً فى الغذاء المتاح أو تغيراً فى كميته قد يساعد على إبطاء تفجر عشيرة الأرانب الوحشية. وتفترض إحدى النظريات أن نقص الغذاء يوقف انفجارات الأرانب الوحشية، وعندئذ يُقلل الوشق والمفترسات الأخرى عشائر الأرانب إلى كثافات منخفضة جداً. وتقترح هذه النظرية أن الأرانب قد تهاجم الأوشاق وليس العكس لكونها حاملة لأمراضها.

أجرى علماء كنديون تحت قيادة الايكولوجيّ تشارلز كربس بحثاً على نطاق واسع يتعلق بهذه المشكلة المعقدة. ومن بين أمور أخرى قام كربس وزملاؤه بنقل أطنان من الأرانب التى تتغذى فى المعمل بواسطة العربات إلى مواقع تجريبية خلال شتاءات يوكون الباردة. وكانت الوجبة المتممة لتغذية الأرانب الوسيلة لاختبار الدور المحتمل لنقص الطعام فى إحداث الانهيار فى عشائرها. وإن كان الحظ حليف تلك الأبحاث الطموحة فإنها ستساعد فى حل اللغز.

بغض النظر عما يُسيّر الدوائر "الموصولة" للأرنب الوحشى والوشق فإن النظم المعملية، مثل نظام جوس التى تحول فيها الملاجئ والهجرات دون انقراض كل من المفترس والفريسة، تبين أن التفاعلات بين المفترس والفريسة يمكنها أن تحدث تلك الدوائر الموصولة. والنماذج الرياضية (التى يمكن أن تصاغ لاستبعاد انقراض كل من المفترس والفريسة) للمفترسات والفرائس المتفاعلة مع بعضها البعض دون غيرها يمكن أن تنتج أيضاً دوائر موصولة. هنا ومن جديد يستطيع النموذج أن يكون معاوناً فى فكرة متعلّقة بالعالم الحقيقىّ.

أقْدم نماذج المفترس والفريسة هو نموذج فولتيراً. ودون أن أصفه أستطيع أن أقدم نتيجة واحدة من نتائجه المهمة جداً وغير البديهية. فإذا كانت عشائر المفترس وعشائر الفريسة متوازنة تقريباً إحداها مع الأخرى (وهى لا يمكن أن تكون كذلك لو أن بعض المفترسات، مثلاً، غزت عشيرة ضخمة من الفرائس) ورَفَع تغير بيئىّ معدلات الوفاة فى عشائر كل منهما فسيحدث انحدار غير متجانس فى عدد المفترسات.

هذه النتيجة معروفة باسم قاعدة فولتيرا. وهى تتكهن بما سيحدث، فكل الأمور فى أى مكان آخر تجرى على نفس المنوال بعد استخدام مبيد حشرى واسع التأثير (يقتل الكثير من أنواع الحشرات) فى حقل فلاح تُؤكل فيه الآفات الضارة آكلة العشب بواسطة حشرات مفترسة. والفرائس التى تبقى حية، والتى تصبح معدلات وفياتها أقل بعد كارثة رش المبيد بفضل غياب المفترسات ستعانى بدرجة أقل من المفترسات الأحياء لأن الأخيرة لا تستطيع العثور على فرائس كافية لزيادة معدلات مواليدها بسرعة. وعليه فعشيرة الفريسة (الآفات الضارة) سوف تستعيد عافيتها من تأثير المبيد بسرعة أكبر بكثير من المفترسات وتبنى عشيرة أكبر من تلك التى كانت موجودة من قبل. وهكذا فإن الهجوم غير المتحيّز على منظومة المفترس – الفريسة سوف يميل إلى تعزيز الفرائس وإعاقة نمو المفترسات – وفى هذه الحالة يجعل مشكلة الحشرات الضارة أكثر سوءاً. وهذا بالطبع عكس النتيجة المستهدفة بالضبط ولكن كل ما حدث هو أيضاً وفى الغالب من استخدام المبيدات وليس بسبب قاعدة فولتيرا فقط بل بسبب عدة عوامل أخرى سوف نناقشها فيما بعد.

فى نموذج فولتيرا البسيط للمفترس والفريسة وكذلك فى التجارب المعملية البسيطة لا تكون المنظومات متوازنة تماماً. حتى لو كان النموذج المبسط مصنوعاً بواقعية شديدة عن طريق إدماج فترة زمنية فاصلة بين الزيادة فى عشيرة الفريسة وعشيرة المفترس (وهذا من الوجهة البيولوجية افتراض معقول جداً - فالمفترسات لا تتكاثر على الفور) فلا المفترس ولا الفريسة ينقرض ولا كلاهما ينقرضان فى آخر الأمر. ومع ذلك فلو أضيفت تعقيدات أشد وأصبحت النماذج بالتالى مصنوعة بصورة أكثر واقعية من الناحية البيولوجية عن طريق أخذ أمور فى الاعتبار مثل أماكن اختباء الفرائس (طالما أنه بالتناسب يحصل أفراد أكثر على أماكن اختباء حين تكون العشيرة صغيرة عنه فى حالة العشيرة الكبيرة) والقيود على الطعام المتاح وإقليمية المفترسات وغير ذلك فإن المنظومة المنمذجة تصبح أكثر اتزاناً، وتشبه بدرجة أكبر التواجد طويل الأمد المرئى فى الطبيعة.

أوحت النماذج الرياضية بتأثيرات مهمة أخرى على اتزان منظومات المفترس -الفريسة. ويسمى أحد تلك النماذج "مفارقة التخصيب". وهو يثبت فى النهاية أن قدرة حمل البيئة التى تدعم نوع الفريسة مهمة فى أحوال كثيرة للاتزان. فلو زيدت تلك القدرة وأصبحت هناك موارد أكثر متاحة للفريسة فقد تصبح المنظومة غير متوازنة. ويمكن أن يظهر عدم الاتزان حين تكون عشائر من العوالق النباتية فى بحيرة فى حالة اتزان تقريباً مع حشرات ومفترسات أخرى تتغذى عليها ثم تخصّب البحيرة فجأة بمخصب جئ به من المزارع. إن المغذيات المضافة يمكن أن تسبب ازدهاراً (زيادة هائلة) فى عشيرة العوالق لو كان نموها من قبل محدوداً بسبب نقص تلك المغذيات. ويؤدى ازدهار العوالق بدوره إلى إبعاد المنظومة عن حالة الاتزان، ويفضى إلى تقلبات فى داخلها حيث تنقرض عشائر بعض الفرائس وبعض المفترسات. إن إخصاب المنظومة، فى تناقض ظاهر، يصيبها بضرر كبير، ومع مرور الوقت تستنفد العوالق المغذيات وينتهى ازدهارها. والمنظومة على هذا النحو قد تكون مبسطة تبسيطاً شديداً.

فى حين أن منظومات المفترس - الفريسة يمكن دراستها بسهولة تامة عن طريق النماذج الرياضية ودراستها فى بعض الكائنات الحية عن طريق عوالم صغيرة معملية إلا أنها من الصعب أن تدرس فى الطبيعة خلال فترات قصيرة. وإحدى المشاكل الكبرى فى هذا الشأن أن فعل الافتراس لا يلاحظ فى أغلب الأحوال. فعلاوة على اقتناص الدب الأشهب للفأر رأيت هجوماً واحداً آخر ناجحاً من جانب مفترس كبير. حدث ذلك فى قناة ليمير على مسافة من شاطئ أنتاركتيكا حيث كنت أنا وآنى نراقب سرباً من الحيتان القاتلة يضرب بشدة فقمة ويديل بعيداً عن كتلة ثلج منجرفة ويلتهمها. ومع هذا رأيت إخفاقات قليلة أيضاً. فذات مرة استخدمت لبؤة أفريقية عربتنا كغطاء فى محاولة غير ناجحة لتطارد خلسة نُوًّا (تيتل إفريقى). وفى حديقة ماك

كينلى رأيت ذئباً يهاجم قطيعاً من أغنام دُوول. وربما كان الذئب يقوم باختبار ليرى إن كان أحد الأغنام مريضاً أو مصاباً، وتجنبت الأغنام الهجوم المفاجئ بسهولة مضحكة. وعلى الجانب الآخر فإن رؤية المفترسات الصغيرة وهى فى حالة الافتراس أكثر يسراً - العناكب تصطاد الذباب، ويطعن نوع من البق بطريقة خاصة يرقات فراشة رقعة الشطرنج الخارجة من البيض ويمتصها حتى الجفاف، والطيور المغرِّدة تلتقط الحشرات من أفرع الأشجار والسمكة التى توجد فوق شعب مرجانى(*) بصورة عارضة تزدرها سمكة أكبر - وإن كانت ملاحظتها تظل نادرة نسبياً.

وهكذا رغم شيوع الافتراس فإن ملاحظته بانتظام تتطلب عادة الحظ أو التفانى. وأثبت جورج سكوللر فى دراسته لأُسود سيرينجيتى وهانزكروك فى تتبعه لحياة الضباع فى نجورونجورو أن لديهما القدرة على التفانى. وذات مرة كان عند آنّى وعندى بعض الحظ. فقد كنا فى رحلة قصيرة إلى جنوب غربى البرازيل لمحاولة إجراء بحث عن تفاعل فراشات إيوبتيشيا مع عائلها النباتى (كما فعلنا فى سيملا). ولم يكن البحث يمضى بصورة جيدة وذلك فى المقام الأول بسبب صعوبة العثور على مواطن غير مدمرة. وتذكّر مضيفونا البرازيليون غابات غير مدمرة نسبياً بجوار حديقة إجياكو القومية. وكنا نود بالطبع أن نشاهد شلالات إجياكو الشهيرة، أحد أعظم الشلالات فى العالم. ولذا ذهبنا إلى هناك. لكن فى السنوات القليلة منذ ذهب أصدقاؤنا إلى إجياكو أصبحت الغابة مشرقة ليس فقط على حدود الحديقة بل فى بعض الأماكن داخلها. والواقع أن ما رأيناه فى ولاية بارانا يشبه المنطقة الوسطى الغربية من الولايات المتحدة من حيث ترباتها الخصبة التى تدعم زراعة القمح وفول الصويا فى الوقت الحاضر.

مضينا إلى داخل الحديقة لنشاهد الشلالات وكان جمع الفراشات محظوراً كما هو الحال فى الحدائق القومية للولايات المتحدة. وكانت الفراشات غزيرة لأبعد حدّ، وكذلك الأمر فيما يتعلق بالنهر نفسه والأرض المقطوعة الأشجار من أجل ممرات المشى، إلى جانب سلامة وجهات نظر المخططين للحديقة التى أوجدت ذلك النوع من بيئة حافة الغابة التى تزدهر فيها الفراشات وغذاؤها النباتى. توقفنا عند أحد المواقع لنشاهد مجموعة سحالى متوسطة الحجم (يتراوح طولها من أربع إلى ست بوصات وبلا ذيول) فوق صخور ملاصقة لممشى قريب من حافة الشلالات حيث يتناثر الرذاذ. وبينما نحن فى حالة تأمل طارت فراشة "٨٩" ملونة صغيرة (وهى نوع من جنس كاليكور سُمّى بهذا الاسم لأن النقش الموجود على الجانب السفلى لجناح أفراده الخلفى يشبه ذلك

(*) من البديهى أن أهمية الافتراس يجب أن تستنتج فى أغلب الأحوال حتى لو كان بالإمكان ملاحظتها. فمثلاً عند توريد الخنفساء المفترسة والذبابة المفترسة اللتين تكبحان بفعالية الإصابة بالحشرة القرمزية التى كانت تتلف صناعة الموالح فى كاليفورنيا، كان يمكن أن تشاهد مفترسات فرادى أثناء عملها، لكن أهمية المفترسات كانت ترى فى الانحدار الفاجع للوفرة من الحشرات القرمزية.

الرقم) على ارتفاع بضع أقدام فوق السلاحف وأدار البعض رءوسهم كى يراقبوها وهى تمر، وبعد ذلك بوقت قصير حطّت فراشة صغيرة من نوع مختلف على بعد ست بوصات أو نحو ذلك من سحلية، فاندفعت تجاهها على الفور وبقوة حيث اقتنصتها والتهمتها.

ولما كنا مأسورين بالدراما القصيرة التى تحدث فقد استقر رأيانا أنا وآنى على أن نراقبها. كان بعضها مدعوماً من السائحين الذين يقذفون قطع الصخور تجاه السحالى (حتى ونحن منخرطان فى ملاحظتها وتصويرها). ورغم ذلك رأينا فى نحو ساعتين ونصف من شتاء مشمس المئات من تفاعلات السحالى والفراشات متضمنة ٧٥ هجوماً تقريباً انتهى ١٥ منها بالاقتناص. وفى مناسبات عديدة وثبت السحالى من فوق الأرض إلى أعلى محاولة الإمساك بفراشة عابرة. ومع أن حشرات أخرى قليلة استهلكت بواسطة السحالى فإن الفراشات كانت بجلاء مصدر الغذاء الرئيسى لها أثناء مشاهداتنا.

ولما كان الأمر كذلك فإن الأفكار حول دور النقوش الملونة على أجنحة الحشرات حرشفية الأجنحة (أبو دقيق والفراشات) أصبحت مهمة فى ظهور نظرية التطور. فمنذ أكثر من قرن أدرك البيولوجيون أن النقوش تطورت فى الغالب كاستجابة للفعل الانتخابى من جانب المفترسات على عشائر الحشرات حرشفية الأجنحة. وبعض الأنواع (مثل الفراشات المنقطة) يُفترض انتخابها لانسجامها مع خلفيتها الطبيعية لدرجة أن المفترسات تحتاج إلى وقت طويل لرؤيتها. وتكون أنواع أخرى قزحية الألوان أو بالعكس ذات ألوان ملحوظة للغاية على أسطحها العلوية وبألوان للتمويه على أسطحها السفلية. وتجعل تلك النقوش "اللامعة والمبهرة للبصر" الفراشات واضحة جداً أثناء الطيران. لكنها عندما تطوى أجنحتها وتحط على الأرض مبدية أسطحها السفلية المموهة فمن المفترض أنها تخدع بهذا مفترسيها بفعل قدرتها على الاختفاء فى جزء من الثانية. وتعرض بعض الفراشات نقوشاً وبخاصة البرتقالية منها أو الحمراء أو السوداء معلنة المفترسات أنها رديئة الطعم أو سامة (فى الغالب تنبذ المفترسات تلك الأنواع فى المعمل وإن أكلتها فقد تتقيأ). وتبقى أنواع أخرى من الفراشات تحاكى النقوش الملونة لأجنحة الأنواع رديئة الطعم وتهرب بالتالى فى أغلب الأحوال عند تعرضها للهجوم وإن كانت هى ذاتها جيدة الطعم وليست سامة.

سوفت تتذكر أن ثمة دليلاً قوياً مستمداً من المشاهدة على أن الانتخاب الطبيعى فيما يتعلق بنقوش التمويه فعال فى حالة الفراشات المنقطة. وتبين التجارب المعملية أيضاً فعالية المحاكاة. ولكن ما لم يواتنا الحظ فى إجواكو لما تمكنّا من أن يكون لدينا ملاحظات منظمة ومباشرة عن افتراس الفراشات ولبقيت طرق هجوم المفترسات على الفراشات مجهولة بالفعل. لقد نَشرتْ سلسلة تقارير غير مترابطة عن الهجمات الفردية

الطيور وتقرير واحد فقط عن اقتناص سحلية لفراشة وحيدة. وحتى ذلك الحين كان الدليل على افتراس الفراشات غير مباشر لحد بعيد وكانت مجموعات الفراشات المقتنصة تحوى عينات ذات ندوب واضحة على أجنحتها من أثر الحدود الخارجية لمناقير الطيور وفكوك السحالى، وتبين أن هذين المفترسين يهاجمان غالباً الفراشات.

وهكذا فمشاهدتنا كانت المشاهدات الأولى فيما يتعلق بمجموعة مفترسات متخصصة فى الفراشات. فالسحالى كانت تلتهم الفراشات بمعدل مؤثر وبسرعة تكفى للدلالة على أنها قادرة على إحداث ضغط انتخابى مهم على عشائرها. ومن بين الفراشات التى التهمت بواسطة السحالى فى الوقت القصير الذى كنا نراقبها فيه ست فراشات من نفس نوع كاليكور ومن المفترض أنها من نفس العشيرة المحلية. السحالى وفراشات كاليكور كلاهما شائع حول الشلالات، وربما كانت السحالى عاملاً رئيسياً فى زيادة معدل وفيات الفراشات من نوع كاليكور وعشائر الفراشات الأخرى فى تلك المنطقة.

الأمر البالغ الأهمية أن السحالى لا تولى اهتماماً لكل الفراشات: فالفراشات طويلة الأجنحة والمفترض أنها سيئة المذاق ولا يتعذر تمييزها بلا شك يتم تجاهلها فى حين أن فراشات كاليكور (التى تنتمى إلى مجموعة يعتقد أنها طيبة المذاق) تجذب الانتباه دائماً. هذا ما تتكهن به نظرية المحاكاة منذ ذلك الحين، فمشاهدتنا ساعدت على تأكيد الأفكار المتداولة عن تطور النقوش الملونة للفراشات.

أحياناً تبدو أنماط سلوك المفترس التى تطورت، من وجهة نظرنا، على حدود غير المألوف. والمثال على هذا يوجد فى بعض الأنواع العديدة لأسماك سيتشايلد – وهى أسماك قريبة الصلة من السمك الملائكى الشائع للغاية عند هواة تربية الأسماك – التى تعيش فى بحيرة مالاوى بأفريقيا. ولعلك سوف تستعيدها من مناقشتنا لسلوك ساحة الاستعراض فى الفصل السابق. إن كثيراً من هذه الأسماك أسماك فموية. ويؤسس الذكور أعشاشاً على أرضية البحيرة (عبارة عن حفر مفرغة من الرمل غالباً) وتلحق الإناث بالذكور فى العش كى تبيض. وبعد أن يوضع البيض يخصبه الذكر. وتغرفه الأنثى بعدئذ فى فمها بحذر وتسبح بعيداً. وتحتفظ به حتى يفقس وتزوده بتيار ثابت من الأكسجين عبر المياه النقية التى تدخلها إلى فمها وتخرجها من خياشيمها. وبعد فقس البيض يوفر فم الأم الحماية للأسماك الصغيرة.

يبيّن تحليل محتويات معدة بعض الأنواع الأخرى من أسماك سيتشايلد غير الفموية أنها تتغذى فى المقام الأول على بيض وصغار السمك. وتفسر سلسلة من الملاحظات قام بها كين ماك كاى كيفية حصولها على وجباتها. فالمفترس يطارد خلسة وبحذر أنثى السمك الفموية إما من أعلى أو من أسفل، وعند وضع معين يندفع تجاهها بقوة وينطحها فى رأسها. ويتسبب هذا فى بصق السمكة لصغارها عنوة فيلتهمها المفترس.

وتحصل أنواع سيتشايلد مختلفة وكثيرة على غذائها عن طريق النطح بالرأس. وهى تكوّن ما يطلق عليه الايكولوجيون طائفة – مجموعة من أنواع مختلفة تستغل مورداً مماثلاً بأسلوب مماثل. وأنت على علم من قبل ببعض الطوائف الأخرى مثل طائفة المفترسات الثديية المطاردة التى تلاحق الحيوانات ذوات الحوافر أو الأظلاف أو الأخفاف مرهقة الفريسة بمطاردة طويلة، والذئاب فى أمريكا الشمالية وأسيا الأوربية وكلاب الصيد فى السافانا الأفريقية أعضاء فى تلك الطائفة. وهناك وعلى الجانب الآخر طائفة المفترسات الكامنة المكونة من حيوانات قصيرة النفّس نسبياً تهجم على فريستها من مكمن وأمثلتها الكلاسيكية الأسود والفهود. أما الطوائف الأخرى فهى غامضة بدرجة أكبر. وتقسم الحشرات المائية المفترسة إلى طوائف على أساس ما إذا كانت تبحث عن فريستها أم تكمن فى انتظارها، وعلى ما إذا كانت تخُزّ ضحيتها وتمتص سوائل جسمه أم أنها تأكله بكامله.

من البديهى أن الفريسة لم تبق هامدة تطورياً فى مواجهة الانقضاضات المتعددة الأشكال للمفترسات. وعوضاً عن ذلك طوّرت دفاعات مختلفة – وسائل قللت فرص التهامها. إن اليقظة والسرعة والجَلَدْ عند الحيوانات ذوات الحوافر أو الأظلاف أو الأخفاف تجعل مفترسيها يبذلون جهداً شاقاً عادة من أجل الحصول على وجبة، ونتيجة لذلك تشمل هذه الوجبات عموماً الصغار جداً والمرضى أو الهرمين.

اليقظة – القدرة على تحديد حضور المفترس – تساعد الفريسة الأصغر أيضاً. وقد أوضحت الإنتومولوجية (الباحثة فى علم الحشرات – م) باربارا بيكارسكى بجامعة كورنيل والباحثة أيضاً بمعمل بيولوجيا الجبال الصخرية، بطريقة تجريبية، أن فرائس الحشرات المائية المفترسة باستطاعتها تحديد مفترسها كيميائياً (كل من المفترس والفريسة حورية – وهو الطور غير البالغ وبلا أجنحة). فقد وضعت فى النهر الشرقى البارد كالثلج والذى يجرى عبر أرض المعمل صناديق مشاهدة شفافة تسمح بانسياب الماء خلالها دون إعاقة. ولتحديد نموذج الانتشار الكيميائى داخل الصندوق أدخلت بيكارسكى أولاً أنبوبة صغيرة بداخلها حاجز مثقب تحتوى على طعام ملون ونظمت انسياب الماء الملون. واستبدلت بعدئذ أنبوبة محتوية على حوريات ذبابة الحجر المفترسة بأنبوبة محتوية على طعام ملون ونظمت توزيع الحشرات الفرائس مثل حوريات ذبابة مايو التى كانت قد أُدخلت إلى الصندوق. إن نوع الفريسة بقدرته على تحديد الدلالات الكيميائية للمفترس يرحل بعيداً عن منطقة الطعام الملون حين تكون حورية الذبابة منطلقة خارج الأنبوبة.

أحد أكثر أشكال الدفاع الشائعة ضد المفترسات هو التلون الملْغزَ – التمويه – كما يبدو فى الفراشات المنقطة. والتلون الملغز هو بالتأكيد الدفاع المطوّر بدرجة أكبر فى الكائنات الحية الصغيرة مثل الحشرات، فضلاً عن وجوده فى أحوال كثيرة عند

الكائنات الحية الكبيرة. ومثاله الكلاسيكيّ الجلد المنقّط الذى يجعل الظبى الصغير يرقد مطمئناً على أرضية غابة منقطة ببقع ضوء الشمس دون أن يكون مرئياً تقريباً. وهناك مثال آخر هو نقوش الجانب السفلى لفراشة أوِينايس الجبلية التى تجعلها تنسجم مع الصخور المغطاة بالأشن الملون وهى الصخور التى تتشمّس فوقها الفراشة.

غير أن التمويه يكون قائماً أحياناً لا على أساس الانسجام بين لون الفريسة والخلفية التى تقع وراءها بل على جعلها تشبه شيئاً آخر غيرها. فبعض يرقات الفراشات ذات "عيون" كاذبة ضخمة قرب نهاية مقدمة الجسم تجعلها تشبه الثعابين الصغيرة – وتصبح بالتالى لقمة سائغة لكن مرغوبة بدرجة أقل عند طائر مثلاً. وبعض ذباب الفاكهة له نقوش على أجنحته تجعله يشبه العنكبوت الشبيه بالسرطان وهو العدو الخطير لكثير من مفترسات الحشرات التى تحب التغذى على الذباب.

فى حالات أخرى لا تكون الفريسة هى المتسترة أو المحاكية بل المفترس. وأحد أسماك سيتشايلد الناطحة بالرأس قادر على تغيير لونه ليضاهى نوع الفريسة التى يتعقبها، وعليه يصبح من المفترض أن تتخلى عن حذرها. وكثير من العناكب وبعض أفراس النبى المتضرّعة تجثم فى الأزهار التى تضاهيها فى اللون ويحاول اقتناص الحشرات الزائرة، وأحد أفراس النبى "يتظاهر" بأنه زهرة كاملة ويلتهم "ناقلى حبوب اللقاح" الفضوليين. ومن البديهى أن المفترسات الثديية الكامنة تكون فى الغالب ملونة بطريقة مُلغزة – فالأسود الرابضة تندمج فى أعشاب السافانا، وخطوط جلد النمر تُذيب حدوده الخارجية مع خطوط ضوء الشمس الساقطة على مكامنه فى الغابة.

يستطيع التلون الملغز بالطبع أن يساعد فراشة على تجنب أن تصبح طعاماً أثناء النهار، ولكنه لا يُعينها على المفترسات التى تصطاد فى ظلمة الليل. وأكثر المفترسات الليلية للفراشات أهمية وهو الخفاش يصطاد الحشرات بتوليد موجات فوق صوتية – عن طريق إحداث أصوات ذات ترددات أعلى بكثير من أن تحددها أذن الإنسان. وتشير الأصداء المرتدة للموجات إلى موقع الفريسة الطائرة، وكثير من أسلوب الموجات الصوتية المرتدة من جهاز السونار يستخدم فى سفن السطح لتحديد مواقع الغواصات. وباستخدام هذه الأصداء من خلال العملية التى تسمىّ صدى الموقع تمتلك الخفافيش قدرة مذهلة على تكوين صورة عن بيئتها – صورة تبلغ من دقة تفاصيلها ما يسمح لها بالتعرف على نوع فريستها.

ورداً على ذلك طورت بعض الفراشات وغيرها من الحشرات آذاناً تحدد سونار الخفاش لدرجة أنها تعرف متى تكون مستهدفة (بالضبط كما تمتلك الغواصات مستقبلات للسونار لتحديد صائديها). وبهذا تستطيع الفراشات اتخاذ موقف مراوغ،

وقد كُشف عن أن ٤٠ ٪ منها وربما أقل بالنسبة للفراشات التى بلا آذان يتم اصطيادها. وتمضى بعض الفراشات أبعد من ذلك – إنها تحاول "تعطيل" سونار الخفاش عن طريق أصواتها فوق الصوتية.

قامت الخفافيش بدورها بتطوير إجراءات مضادة لدفاعات الفراشات مثل جعل ترددات سوناراتها خارج معدل التردد لأقصى حساسية لدى آذان الفراشات. حتى إن بعض الخفافيش يحدد الموقع بأصداء لترددات داخل نطاق سمع الإنسان (حيث لا تكون آذان الفراشات حساسة)، بل إن القلة منها غيَّر تقنية البحث من تحديد صدى الموقع إلى مجرد الإنصات للأصوات الصادرة عن فرائسها.

لقد استمدت إضافة ساحرة لقصة الفراشات والخفاش من الحَلَم الذى يعيش فى آذان الفراشات. فهذه الكائنات البالغة الصغر أقرباء القُراد تتطفل على الفراشات وتعيش فى صورة مستعمرات داخل آذانها، وبعملها هذا تدمر قدرتها على السمع. لكن من البديهى أن الفراشات الصماء من المحتمل جداً أن يأكلها الخفاش وهو ما يعنى نهاية مستعمرة الحَلَم أيضاً. ولذا طوَّر الحَلَم سلوكاً ليتيقّن أن واحدة فقط من أذنى الفراشة قد أصيبت، مُتيحاً الفرصة لعائله كى يبقى منصتاً فى الظلام للخفافيش الصيادة.

وطُوِّرت دفاعات أكثر فاعلية بكثير من دفاعات الفراشات عند بعض الحشرات الأخرى. فعندما تهاجِم خنفساء فاسيّة من جانب نملة فإنها تلف بطنها حولها وترشها كمفترس برذاذ سام ساخن حتى الغليان. وقد أظهرت دراسات لطيفة قام بها البيولوجى توماس إيزنر بجامعة كورنيل الآليات المعقدة التى تسمح للخنفساء بردود الأفعال الكيميائية المطلوبة والتحكم فى الرذاذ الساخن دون أن تصيب نفسها. وقام توماس أيضاً بكشف النقاب عن نظام مدهش للدفاعات الكيميائية عند لافقاريات أخرى، وقد سجل هو وزملاؤه الانعكاس الأخير للمسألة بواسطة حشرة. والذباب بَنْدُ متيسر الحصول عليه دائماً فى أطعمة كثير من الضفادع، لكن جماعة إيزنر اكتشفت الجانب الآخر من العملة، فاليرقات الضَّارية ساكنة الطين لذبابة الحصان الكبيرة تلتهم الضفادع البالغة!

فى مواجهة هذا التنوع الآسر فى تفاعلات المفترس – الفريسة يصبح التساؤل عما إذا كانت هناك مبادئ عامة تحكم تلك التفاعلات ذا أهمية علمية كبيرة. وعلى سبيل المثال فأحد الأسئلة العامة التى خلبت لبّ الايكولوجيين لفترة طويلة هو ما إذا كانت المفترسات قد طورت حذراً أم لا. ويبدى المفترس الحذِر تحفظاً، فلا يفرط فى الأكل لكنه بالأحرى يستغل فريسته بالمعدل الذى يعطى أقصى حصاد داعمٍ من عشيرة الفريسة. ومع ذلك فليس واضحاً ما إذا كان التطور بإمكانه أن ينتج هذا السلوك

بسـهولة. هنا من جديد تُطِلّ مسـألة الغيْريّة برأسـها. فلكى يتطور الحذر بالانتخاب الفردى ستضطر الأفراد الّتى تبدى تحفظاً إلى التكاثر أكثر من تلك التى لا تفعل ذلك. غير أنه من الواضح أن الذئاب والأسود التى تقتنص معظم الفرائس سيكون لديها أغلب النسل والذرية المغتذية بشكل أفضل (والتى ستكون عندئذ الأكثر رجحاناً فى البقاء). ويحوز الشَّرِه على جائزته التكاثرية. وبناء عليه سيفضل الانتخاب الفردى بصورة عامة المفترس الفردى الذى يقتل كل الفرائس التى يستطيع "الاهتداء" إليها من النسل – بغض النظر عن أثر سلوكه أو عما يتعلق بعشيرته كلها مع عشيرة الفريسة.

لو كانت المفترسات حذرة حينئذ سيكون المرء مضطراً إلى الاعتماد على انتخاب الجماعة أو انتخاب الأقارب لتفسير تطور حذرها. ولعلك تتذكر أن كلا من هذين النمطين من الانتخاب يتطلب كذلك ظروفاً خاصة، حيث أنه فى أحسن الأحوال سيكون الحذر متوقعاً كى يصبح السمة المميزة النادرة للمفترسات. فضلاً عن أنه سيكون نادر الحدوث. والمفترسات عموماً تأكل بسرعة قدر ما تستطيع حتى تصبح متخمة. ولا توجد حالات مُسجلة لمفترسات جياع لا تأكل حتى عندما تقل عشيرة الفرائس بسرعة. والأوشاق مثلاً لا تضيع فرص أكل الأرانب الوحشية حين تكون عشائر الأخيرة فى انحدار شديد.

تنزع عوامل كثيرة فى تفاعلات المفترس – الفريسة إلى جعل المفترسات "حذرة" بكفاءة، حتى لو كان كل فرد يأكل قدر ما يستطيع مهاجماً بمخالبه أو فكوكه. وأفراد الفرائس التى تكون فى حالة تكاثرية ممتازة، هؤلاء الحاسمون تقريباً فى مستقبل عشيرة الفريسة يصبحون عموماً أبعد من أن يُصطادوا. وفى حالات كثيرة أيضاً وبالتناسب تُقتنص أفراد أقل من نوع الفريسة حين تكون عشائرها منخفضة الكثافة عنه فى حالة كونها مرتفعة الكثافة. ويحدث هذا بسبب دفع المفترس إلى التخصص فى نوع فريسة بعينها، لا سيما إن كان ذلك النوع وافراً. والواقع أن المفترسات التى كثيراً ما تواجه نوعاً واحداً من الفرائس (مثلما الحال إذا كانت الكثافة مرتفعة) تكوِّن غالباً مفهوماً للبحث – فكرة متصورة سلفاً متعلقة بمكان البحث عن فريسة مشتركة والنوع الذى يُبحث عنه – يساعدها فى العثور على المزيد من نفس نوع الفريسة.

ويكوِّن الايكولوجيون العاملون فى البحث الميدانى هم أيضاً مفاهيمَ للبحث. فمثلاً تصبح يرقات كثير من أنواع الفراشات مُلغزة تماماً. ويصبح اكتشاف اليرقات الأولى القليلة فى موقع ميدانى أمراً صعباً غالباً. ولكن بعد رؤية القليل منها يبدو المكان فجأة زاخراً بها، مع أن أحداً منها لم يكن مرئياً قبل بضع دقائق. إن اليرقات لم تتغير – لكن مفهوم البحث هو الذى تكوَّن.

تكوِّن الطيور بدورها مفاهيمَ للبحث. فقد لوحظت عشائر طيور بكاملها وهى تشرع فى الأكل المفضل لنوع معين من الطعام أصبح مشتركاً فيما بينها، ثم تتحول بعدئذ إلى نوع آخر حالماً يستهلك معظم النوع الأول. وثمة تقارير كثيرة أيضاً عن الطيور التى تبحث عن الطعام فى مناطق كانت قد عثرت على فرائس فيها من قبل. والسلوكيات المتضافرة للتحول والبحث توضح تكوين مفهوم البحث عند عشيرة طبيعية، حيث لا توجد بالطبع طريقة يستطيع السلوكيون أن يختبروا بها المفاهيم لدى الكائنات الحية اللابشرية.

بيرند هينريش الايكولوجى بجامعة فيرمونت والشهير بدراساته المهمة عن النحل الطنان الطواف بحثاً عن غذائه أوضح أن الطيور تستطيع تكوين مفاهيم بحث فيما يتعلق بالضرر الواقع على ورقة نبات تسببت فيه يرقات تتغذى عليها. فقد صنع بيرند وزملاؤه "غابة اصطناعية سريعة الزوال" فى قفص مستخدمين فرعاً أو فرعين من قمم أشجار البتولا والكرز. ووجدوا أن القراقف الأمريكية ذات القلنسوة السوداء طافت بحثاً عن غذائها المفضل فى أوراق الشجر المهترئة التى أُكلت جزئياً إما بواسطة الحشرات أو بمحاكاة الضرر الذى تحدثه اليرقات عن طريق ثقب فى ورقة صحيفة. وكانت القراقف قادرة أيضاً على تمييز أنواع الأشجار. هذه القدرة على التمييز هامة فى أحوال كثيرة لأن بعض أنواع الأشجار عموماً تصاب باليرقات الشهية بينما تقوم أشجار أخرى بدور العائل ليرقات ضارة.

لكن الأنواع الشهية من اليرقات فى دراسة هينريش لم تفشل فى الاستجابة تطورياً لمهارات الطيور. فأحياناً كانت تمضغ الأوراق عن آخرها بعروقها وأسطحها ولا تترك وراءها مزقة ولا خرقة للطيور كى تكتشفها، أو تفصل الأوراق المأكولة جزئياً عند قاعدتها، أو تتحرك بعيداً عن الأوراق التالفة. وفى هذا المقابل فاليرقات الضارة كانت تأكل عادة الجزء الرخو من الأوراق متجنبة العروق الصلبة التى تبقى بعدئذ كعلامات تحذير على طعامها. ومن المفترض أن اليرقة الضارة ستُكتشف على الأرجح عن طريق طائر بينما لا يحدث هذا مع اليرقة الشهية.

تكوين وحل مفاهيم البحث سيفضيان بالتالى إلى ضغط المفترس على الفرائس النادرة بدرجة أقل نسبياً من ضغطه على الفرائس الموجودة بكثرة. وإذا ركزت المفترسات على الفريسة الموجودة بكثرة فستكون فرصتها أقل وتدفع المصدر الغذائى إلى الانقراض مما يجعل المنظومة "حذرة" بدرجة أكبر. وتميل صيغة مفاهيم البحث إلى الإبقاء على المفترسات والفرائس فى تفاعل مع بعضها البعض، وإلى تأثير كل منها على تطور الآخر.

عقبت سابقاً على الدراسة المرتبة للافتراس قائلاً إنها تتطلب عموماً الحظ أو التفاني، ولكن النوع الخاص من الافتراس المعروف باسم "أَكْل النبات" هو استثناء من تلك القاعدة. وليس مصادفة أن علاقات المفترس - الفريسة في الطبيعة قد بحثت باستقصاء في منظومات كانت الفرائس فيها راسخة في مواقعها ولا تستطيع الفرار منها. والحق أن جزءاً من البحث الميداني المعروف عن افتراس الحيوان للحيوان جرى في مواقع مدّ وجزر حيث كانت الفرائس برنقيلات وبطلينوسات وغيرها من الحيوانات غير المتحركة عموماً شأنها شأن النباتات. وحيثما كانت المفترسات والفرائس تتنقل فإن المشاكل العملية لدراسة الافتراس في الطبيعة تصبح جسيمة - تذكر فقط صعوبة تحديد حجم عشيرة متحركة! ونتيجة لهذا استند الايكولوجيون بشدة إلى تضافر النظرية والتجريب المعملي للإجابة عن أسئلة التفاعلات بين المفترسات والفرائس المتحركة. لكن هذه المشكلات يتم تجنبها عند دراسة النباتات.

انخرطت للمرة الأولى في بحث التفاعلات بين النباتات ومفترساتها منذ فترة طويلة كعمل إضافي إلى جانب أبحاثي على عشائر الفراشات الشطرنجية. وفي عام ١٩٦٣ كان بيتر رافن، وهو الآن مدير حديقة النبات في ميسوري وعالم مشهور على النطاق الدوليّ، تطورياً شاباً صاعداً مختصاً بالنبات ورفيقي الحميم في قسم العلوم البيولوجية بجامعة ستانفورد. وذات يوم كنا نتناول القهوة حول طاولة قديمة مستديرة في قاعة دادلي التي تحوي مجموعة العينات النباتية المختلفة، وهي إحدى قاعات متحف التاريخ الطبيعي بالجامعة. والحق أن ما نفعله كان طقساً يومياً يحدث كل صباح مع طاقم المشاركين المتغيّرين دائماً حيث يدور موضوع الحديث حول ما قيل ويُقال داخل قسم البيولوجيا ومنه إلى الأحداث العالمية ثم ننتقل إلى الايكولوجيا. وكان هذا هو نوع المنتدى الذي يتحقق فيه كثير من التقدم العلمي، ربما أكثر مما يتحقق داخل المواقع المعملية المعقمة ذات الأغطية البيضاء التي درجت الأفلام السينمائية على تصويرها. وفي هذا اليوم بالتحديد سألت بيتر سؤالاً نموذجياً من إيكولوجيّ: لماذا بحق الجحيم تتغذى فراشات إيوفيدرياس ايديثا على لسان الحمل وتتغذى فراشات إيوفيدرياس كالسيدونا على حنك السبع؟

وفُسّر سؤالي بسهولة. فقد كنت فضولياً فيما يتعلق بسبب تغذي يرقات فراشات ايديث الشطرنجية على لسان الحمل (وهو نبات من فصيلة لسان الحَمَل) بينما أقرباؤها الحميمون وهم يرقات الفراشات الشطرنجية العقيقية تتغذى على نبات حنك السبع (وهو نبات من فصيلة حنك السبع). وأجاب بيتر: هذا أمر بسيط. ألست على علم بأن نباتات لسان الحَمَل هي نباتات حنك السبع هوائية التلقيح؟ وكان بهذا يلفت نظري إلى أن النباتات المختلفة ظاهرياً والقريبة الصلة تتغذى عليها فراشات هي في

الواقع أيضاً قريبة الصلة، رغم مظهرها الخارجى غير المتماثل. ونبسط بطريقة أخرى ما كان يقول وهو أن الاختيارات الغذائية للفراشات شأنها، وهذا أمر يبعث على الدهشة، شأن أخوين يتوقان إلى الشيكولاتة ولكن كل منهما يفضل ماركة مختلفة.

قاد هذا الحديث المتبادل القصير إلى بحثٍ عن علاقات الفراشات بالنباتات التى تتغذى عليها وهى فى طور اليرقات. وظهر البحث فى مقالة كتبناها معاً عام ١٩٦٤ تحت عنوان "الفراشات والنباتات: دراسة فى التطور المشترك". وقد لعبت تلك المقالة دوراً مهماً فى تطوير أحد أكثر مجالات البحث فعالية فى علم البيئة الآن وهو: دراسة علاقات التطور المتبادل بين الكائنات الحية اللصيقة بيئياً مثل المفترسات والفرائس. وأصبح المصطلح الذى نحتناه معاً لوصف علاقات التطور هذه وهو التطور المشترك أحد المصطلحات الطنانة فى علم البيئة المعاصر.

الفكرة الأساسية فى قصة التطور المشترك للفراشات والنباتات بزغت فى رأس بيتر ورأسى ببطء مُقلق. فقد وصفت له نماذج الغذاء النباتى المستخدم من جانب اليرقات وقام هو بالبحث عن النماذج النباتية. هل تتغذى معظم الفراشات القريبة الصلة على نباتات هى بدورها قريبة الصلة أيضاً، أم على نباتات متشابهة فحسب فى المظهر الخارجى، أم على نباتات تنمو فى مواطن متماثلة، أم ماذا؟

لقد عثرنا على معلومات خام كثيرة ولّدت هذه الأسئلة. فعادات الأكل عند الفراشات الصغيرة كانت معروفة بصورة أفضل من عادات الأكل عند أية جماعة كبيرة أخرى من الحيوانات آكلة النبات. والسبب بسيط: وهو أن الفراشات ميسّرة لجامعيها. ويحب جامعو الفراشات العينات الكاملة، وهى العينات التى تظل فيها كل حرشفة ملونة فوق أجنحتها فى مكانها. وأفضل طريقة للحصول على تلك العينات هى العثور على اليرقات وإطعامها حتى تكوّن الشرانق. وعندما ينبثق الطور البالغ من طور العذراء وتجف أجنحته يصبح هو الطور الكامل. وتتوهج ألوانه ولا يفقد حراشفه مع تعاقب الطيران ويبحث عن الرحيق ويتزاوج وهلم جراً. وأخيراً يضيف جامع الفراشات العينة فوراً إلى مجموعته.

غير أن جامع الفراشات لكى يعثر على اليرقات ويربيها لابد أن يعرف ما هى أنواع النباتات التى تتغذى عليها. والفراشات أكولة مناكفة – يأكل معظمها نوعاً واحداً أو أنواعاً قليلة من النباتات. وبناء عليه بدأ جامعو الفراشات منذ زمن طويل فى جمع المعلومات عن النباتات التى تتغذى عليها يرقات كل أنواعها. ونتيجة لهذا الاستحواذ المسبق من جانب الهواة لقشريات الأجنحة فالعادات الغذائية معروفة جيداً بالنسبة لمعظم فراشات المنطقة المعتدلة وكذلك فيما يتعلق بعينات كاملة من بعض المناطق الاستوائية.

بفحص أدبيات أنواع غذاء اليرقات وتقسيم النباتات ودمجها مع أبحاث سابقة لآخرين عن النباتات وآكلاتها تصورتُ أنا وبيتر مخططاً أساسياً: الكيمياء الحيوية للنباتات وخاصة ما تحويه من أنواع مختلفة من "المركبات الثانوية" تحدد بدرجة كبيرة من يأكل من. وافترضنا أن هذه المركبات الكيميائية المعقدة الغنية بالطاقة ليست "فضلات" نباتية كما كان يعتقد معظم علماء النبات فى ذلك الوقت ولكنها دفاعات كيميائية فعلية تطورت لتفادى اليرقات وغيرها من مفترسات النبات.

وخلُصْنا إلى أن نماذج الغذاء النباتى المستخدمة من جانب اليرقات وُجِدت عن طريق النجاح (أو الفشل) التطورى لجماعات الفراشات فى التغلب على الدفاعات الكيميائية المماثلة لجماعات نباتية قريبة من بعضها البعض. فمثلاً وُجِدت مجموعة معينة من التوكسينات الضارة فى حشيشة اللبن تجعلها سامة لمعظم آكلات النبات. لكن بعض آكلات النبات مثل الفراشة الكبيرة وملكة الفراشات طوَّرتا مقاومة لتلك السموم وأكلتا بهناء نباتات حشيشة اللبن. ومن جانب ما فالسلف المشترك للفراشة الكبيرة وملكة الفراشات أصبح فيما مضى قادراً على أن يتغذى على حشيشة اللبن والآن فإنهما يتشاركان فى تلك القدرة وهذا مؤثر على علاقتهما التطورية. وبالمثل فإن مجموعة من التوكسينات المختلفة عن تلك الموجودة فى حشيشة اللبن تميز الكرنب ونباتات أخرى من العائلة الصليبية، وقد أُخترقت دفاعاتها من جانب فراشات الكرنب وأقربائها. وحسب الظاهر فالفراشات طويلة الأجنحة طورت منذ زمن طويل قدرة على مواجهة أنواع الدفاعات التى ينميها كرْمُ الآلام، فكل نوع من الفراشات طويلة الأجنحة يهاجم الآن عادة ويشق الأنفس نوعاً واحداً أو قلة من أنواع كرم الآلام التى تكيف معها بصورة خاصة.

فى حالات كثيرة تحث المواد الكيماوية الموجودة فى مجموعة نباتات غير مستساغة أو سامة لمعظم آكلات النبات اليرقات المتخصصة فى مهاجمتها على التغذية عليها. وكمثال وُجِد أن فراشات الكرنب تتغذى على نباتات أبو خنجر وهى نباتات لا صلة لها بالكرنب، وما حدث هو أنها طورت نفس النوع من الكيماويات الدفاعية.

من البديهى أن النباتات لديها مشاكل خاصة فى الدفاع عن نفسها ضد الطفيليات والمفترسات فهى لا تستطيع أن تحرك أذيالها لتطردهم بعيداً عنها، أو تتجنّب الأماكن التى يظهر فيها الأعداء، أو تهرب عندما تهاجَم. ولكنها تقوم ببعض الدفاعات غير الكيميائية. فهى مثلاً تستطيع أن تختبئ. وتوجد فى صحارى أفريقيا الجنوبية نباتات كثيرة تشبه الصخور بصورة تامة. ولنباتات كثيرة فى الغابات المطيرة أوراق تشبه أوراق نباتات أخرى – ومن المفترض أنها تجعل من الصعب على آكلات النبات التى تعلمت كيف تتعامل مع دفاعاتها أن تميزها عن مثيلاتها بمواد كيماوية توكسينية مختلفة.

طوَّرت بعض النباتات خداَعاً أغْرب. فذات مرة فى الغابة المطيرة عند منطقة فنْكا لاسيلفا فى كوستاريكا انَحنيت أسفل فرع نبات عليه رتل من النمل قاطع الأوراَق أو شمسية متنقلة من النمل. كل نملة تحمل قطعة ورق مقطوعة من نبات الغابة. وهذا النمل الآكل الرئيسىّ للنبات فى الغابة يحمل كميات هائلة من المادة الورقية إلى أعشاشه العملاقة الواقعة تحت الأرض حيث تُستخدم تلك الأوراق كوسط تنمو عليه الفطريات التى يتغذى عليها. وبينما كنت أتجاوز رتل نمل لاحظت أنه لا يتحرك. وعند معاينته عن قرب انقلب ليصبح كرمة - شكل وحجم أوراقها والمسافة الواقعة بين الأوراق تحاكى بشدة قطع أوراق النبات المحمولة بواسطة النمل. لقد كانا متطابقين تماماً. لكن لا توجد حشرة آكلة للنبات ذات إدراك سليم تضع بيضة من بويضاتها فوق قطعة من ورقة نبات تحملها نملة إلى مزرعة فطريات. والمرجح بدرجة أكبر أن الانتخاب الطبيعى أعطى الكرمة بعض الحماية بتصويرها على صورة رتل النمل المتخذ هيئة الشمسية الكبيرة.

الاختباء أو التشبه بشىء ما هما دفاعان غير كيميائيين مباحان للنباتات. وهناك دفاع آخر وهو تطوير وسائل ميكانيكية لجعل أكل النبات أمراً عسيراً بدرجة أكبر. وأشواك التين الشوكى والصبار مثال جيد على هذا. فهى لا تشجع بالتأكيد معظم حيوانات الرعى ما لم تكن تلك الحيوانات حشرات مهاجمة.

لكن معظم النباتات كما ندرك الآن تلجأ إلى الحرب الكيماوية بوصفها وسيلتها الدفاعية الرئيسية ضد أعدائها. والحق أن التطور المشترك للنباتات وآكلاتها هو المسئول عن التنوع الهائل فى المركبات الكيميائية الموجودة فى الأولى. وهذه المركبات مصادر لمعظم أدوية التوتر الذهنى التى يستخدمها الناس، والمكونات الفعالة للماريجوانا والكوكايين أمثلة بارزة على ذلك. غير أن البشر ليسوا الحيوانات الوحيدة التى تتأثر بالمواد الكيماوية ذات الفعالية السيكولوجية والتى ربما تطورت لتغير على وجه الخصوص سلوك آكلات النبات الثديية. ومع ذلك لو أن دُبّاً لاك مقداراً صغيراً جداً من نبات مسبب للهلوسة وهرول مبتهجاً إلى أذرع كوجر (أسد أمريكى -م) فمن غير المرجح أن يعود لإزعاج النبات.

بالإضافة إلى مسببات الهلوسة تشمل المواد الكيميائية الدفاعية للنبات سموماً خطيرة مثل السيانيد (الموجود فى البقول) والنيكوتين (الموجود كما هو معروف فى التبغ) والأصماغ والراتنجات (مثل اللَّثى مصدر المطاط) والتى يمكن أن تُصدَّ بها الحشرات المهاجمة، كما تشمل المواد الكيميائية الدفاعية مواد مثل التانينات (الموجودة فى نباتات كثيرة تتضمن أشجار البلوط والشاى) التى تجعل النباتات أقل قابلية للهضم.

نُشرت دراسة كلاسيكية لتطور دفاعات النبات تبين أهمية التوكسينات كتبها دانييل جانزن بعد وقت قصير من صدور بحثي المشترك مع بيتر. وقد درس دانييل عميد بيولوجيي حقول بحث المناطق الاستوائية في الوقت الحاضر العلاقة بين نوع معين من النمل ومجموعة أشجار أكاسيا، في أمريكا الوسطى، تحمل أشواكاً منتفخة ومجوفة. والنمل يعيش داخل الأشواك ويتغذى على أنسجة خاصة تنتجها الأشجار من أجله. ومقابل ذلك يقوم بتشتيت آكلات النبات وكرمات البرقوق المتسلقة التي تحاول تسلق الأشجار.

وجد جانزن أن الأشجار سرعان ما تغمر بالأعداء عند إزالة النمل من داخلها. وقد اختبر بنفسه بضع أوراق من الأشجار فاكتشف أن طعمها لطيف لحد ما. وفي المقابل فأشجار الأكاسيا غير المترافقة مع النمل أوراقها أكثر مرارة. من الواضح أن الآكسيات التي تعول النمل والمواجهة بالدفاع عن نفسها إما بواسطة النمل أو عن طريق التوكسينات وجدت أن تكاليف تغذية الحشرات الصغيرة أقل من ثمن تصنيع الدفاعات الكيماوية المميزة لآكسيات أخرى. والمثير للاهتمام أن مجموعة صغيرة من آكلات النبات تبدو وكأنها قد طورت قدرة على التعامل مع الدفاعات الكيماوية للآكسيات التي لا تعول النمل وتخصصت في التغذي عليها، بينما قامت مجموعة أخرى صغيرة تشمل بعض الخنافس المزودة بدروع سميكة لمواجهة فكوك النمل الثاقبة باختراق دفاعاته.

من البديهي أن كل آكلات النبات الناجحة وجدت وسائل للالتفاف حول دفاعات النباتات التي تتغذى عليها. واستطاع المهاجمون تطوير مقاومة ضد سموم النبات بنفس الطريقة بالضبط التي اتبعها البعوض الذي يصيبنا بالملاريا أو المستولدات المعملية لحشرة الدروسوفيلا التي أصبحت مقاومة للـ د.د.ت. ويستطيع المرء أن يتخيل النباتات وآكلاتها وكأنهما في "سباق تطور مشترك" – النباتات بكونها مُنتخَبة بسبب الدفاعات الأحسن فالأحسن وآكلات النبات بسبب قدرتها على التغلب على هذه الدفاعات. وغني عن القول أنه من النادر أن يكون سباقاً بسيطاً بين فرد وفرد لأن بعض النباتات تُهاجم من جانب آكلات نبات كثيرة وكثير من آكلات النبات تتغذى على أكثر من نوع واحد من النباتات. ويطور النبات الخاضع لأشكال متعددة من الهجوم استراتيجية الحل الوسط التي توفر أحسن حماية عموماً. وتفاعلات العديد مع العديد هذه تفضي إلى ما يطلق عليه تقنياً التطور المشترك المسهب.

احدى الاستراتيجيات ضد آكلات النبات والمتطورة بالاشتراك والتي يبدو أنها توجد في عشائر نبات تشمل أفراداً مختلفة بيوكيميائياً، هذه الاستراتيجية تجعل تطوير المقاومة أمراً أكثر صعوبة بالنسبة لآكلات النبات التي تتغذى على تلك العشائر. وقد أمكن التأكد من هذه الاستراتيجية لأول مرة في سياق بحث بدأ في أواخر الستينيات

فى مرج جميل تحت سفوح المرتفعات أو بالضبط أسفل معمل بيولوجيا الجبال الصخرية فى كلورادو. فى تلك الأيام كانت الفكرة الأساسية للتطور المشترك للنبات وآكلاته ما تزال محل جدال. فقد رأى بعض البيولوجيين أن آكلات النبات لا تفرض عموماً ضغطاً انتخابياً على النباتات بدرجة تؤثر فى تطورها بصورة خطيرة. وبناء عليه قررت أنا ودينيس بريدلَفْ تلميذنا السابق أنا ورافن قياس تأثير آكلات النبات على النبات فى موقع طبيعى.

وقد استخدمنا فى بحثنا هذا فراشة صغيرة زرقاء (جْلوكوبسيش ليجدامس، وهى من فصيلة فراشات تسمى "الزُّرق") تضع بيضها على البراعم غير المتفتحة لأزهار الترمس. وبعد فقس البيض تتغذى اليرقات على براعم وأزهار الترمس. ويمكن التعرف بسهولة على بيض نوع هذه الفراشة على السويقة ذات الزهرة الوحيدة وإحصاؤه بالاستعانة بعدسات مكبرة يدوية. وقد علّمنا ورقّمنا مجموعتين ، كل منهما خمسون سويقة، وتحمل كل سويقة زهرة، وأحصينا البيض الموضوع فوقهما كل بضعة أيام (فى الغالب كل بيضة توضع وكل يرقة تخرج من البيضة دون أن تلاحظ). وكان يُزال البيض كله من مجموعة واحدة من مجموعتى الخمسين سويقة، ووفر هذا مجموعة سويقات حاكمة كانت أزهارها خاضعة لكل المخاطر عدا أن تؤكل بواسطة يرقات الفراشات الصغيرة الزرقاء. بينما كانت المجموعة الأخرى محل التجربة خاضعة فضلاً عن ذلك لهجوم اليرقات.

حين تحولت الأزهار إلى ثمار جمعنا السويقات وحددنا فى كل مجموعة من المجموعتين النسبة المئوية للبراعم التى نمت إلى أزهار والتى بقيت كى تنتج الثمار والبذور (وكانت الأزهار التى اُلتهمت قد تركت ندوباً على السويقات أمكن أن ترى بالمجهر). وفى المجموعة الحاكمة (التى لا تهاجمها اليرقات الزرق) نما ٧٢ ٠/٠ من البراعم إلى أزهار أنتجت فى النهاية بذوراً. أما فى المجموعة محل التجربة فقد نما ٢٨ ٠/٠ فقط من البراعم. وكان تفسير التجربة واضحاً: إن آكل نبات وحيد صغير دمَّر على وجه التقريب نصف الطاقة التكاثرية لعشيرة الترمس مؤكداً بلا شك أن الفراشات الزرقاء تستطيع أن تمارس ضغطاً انتخابياً قوياً على تلك العشيرة.

رغم أن هذا كان جانباً مهماً من المعلومات إلا أن البحث فيما بعد كشف أمراً أكثر أهمية: دفاعات أنواع الترامس المختلفة ودفاعات العشائر المختلفة داخل نفس النوع لم تكن فعالة بصورة متساوية. وعلى سبيل المثال فإن عشائر نوع مختلف من الترمس لاقت ضرراً أشد بكثير من الضرر الواقع فى بحثنا، حيث أُتلف أكثر من ٨٥ ٠/٠ من الأزهار بواسطة اليرقات فى حين لاقت عشائر أخرى ضرراً أقل.

ما هو تفسير تلك الاختلافات؟ كانت فرضيتنا الأولى أن عشائر الترمس التى عانت بدرجة أقل من هجمات يرقات الفراشات الزرقاء لديها كميات أكبر من المواد الكيماوية الدفاعية. وكان معروفاً أن الترامس تحتوى على تنويعة من أشباه القلويات وهى مجموعة من المواد الكيماوية تشمل سموماً كثيرة مثل النيكوتين والكوكايين والكافيين والاستركنين. وبناء عليه فإن تحليل المحتوى شبه القلوى لترامس مختلفة بدا أشبه بنقطة مناسبة للبدء فى البحث عن سبب قابلياتها المختلفة للتأثر بآكلات النبات.

تمخض التحليل الدقيق للمحتوى شبه القلوى لعشائر مختلفة من الترمس عن نتيجة مدهشة. لا يكمن الاختلاف الأوّلى بين العشائر المهاجَمة بشدة أو برفق فى كمية أشباه القلويات التى لديها بل فى تنوع أشباه القلويات الموجودة بها. فكل نبات من عشيرة مهاجَمة بشدة يمتلك مزيجاً من تسعة أشباه قلويات مختلفة، ولا يختلف ذلك المزيج من فرد لآخر اختلافاً ذا شأن. وفى المقابل فكل نبات من عشيرة ناجية من مفترس خطير يحتوى على ثلاثة أو أربعة فقط من أشباه القلويات، غير أن مزيج أنواع أشباه القلويات يختلف فى كل فرد عن الآخر. وعلى سبيل المثال إذا كان نبات ترمس لديه أشباه قلويات "أ ب جـ د" فإن نباتاً آخر قد يكون لديه أشباه قلويات "د و ز" ونبات ثالث لديه "أ ب هـ جـ" وآخر لديه "جـ د هـ".

من المفترض أن استراتيجية الاختلاف الكيميائى الحيوى (البيوكيميائى) من نبات لآخر فى الترامس تجعل من الصعب على الفراشات الزرقاء أن تطور مقاومة لسمومها. فالفراشة الزرقاء الواحدة تقضى طور حياتها كيرقة بالكامل فوق نبات واحد. واليرقات الباقية على قيد الحياة والناتجة من كل البيض الموضوع فوق نبات ما تمثل المقاومين بأقصى درجة للتركيب الخاص بالسموم فى ذلك النبات. ولكن حين يصبح الباقون بالغين فإنهم يطيرون هنا وهناك ويتزاوجون وتضع الإناث منهم بيضها فوق نباتات كثيرة مختلفة. وطالما أن معظم أفراد النباتات فى العشيرة تكون مختلفة بيوكيميائياً فإن معظم النسل اليرقىّ للباقين ينمو فوق نباتات ذات امتزاجات أشباه قلوية مختلفة عن تلك التى واجهها آباؤهم كيرقات. وبالتالى فكل جيل يواجه بضغوط انتخابية مختلفة (على خلاف تعرّض كل جيل من الدروسوفيلا لـ د.د.ت) وبهذا يعاق تطور القدرة على التعامل مع السموم.

أكد بحث آخر فيما بعد أن استراتيجية الاختلاف البيوكيميائى من فرد إلى آخر بإمكانها أن تقوى دفاعات النبات. وربما يكون هذا هو السبب الوحيد فى أن العشائر الضخمة من النباتات المتماثلة نسبياً من حيث التركيب الوراثى والمخلّقة بتدخل البشر– مثل معظم المحاصيل – قابلة للتأثر نسبياً بهجمات آكلات النبات.

من الواضح أن النباتات تشن حرباً كيماوية معقدة ضد الحشرات ومسببات الأمراض النباتية منذ مئات الملايين من السنين. ويعجب القلّة مع ذلك من أن الحشرات آكلات النبات تتكيف عادة وبسهولة جداً مع المحاولات الفجّة من الإنسان لتسميمها. إن التعريض المتكرر لنفس المبيد الحشرى (كما اكتشفت ذلك فى معمل بوب سوكال) يُفضى عادة إلى التطور السريع للمقاومة عند الحشرات آكلة العشب. وفهم التطور المشترك للحرب بين النباتات والحشرات آكلة النبات يضع مشكلة تفاعلات المفترس والفريسة والمقاومة الكيماوية للآفات والحشرات، بكاملها، فى موضع مختلف.

فى المقابل مع الحشرات آكلات النبات تهلك آكلات اللحوم عادة وبقسوة نسبياً بفعل المبيدات الحشرية. ولأمر ما فآكلات اللحوم لديها عشائر أصغر بكثير (وسوف أناقش أسباب ذلك فيما بعد) وهى على الأرجح عرضة للانقراض. وتعليل هذا هو أنه إذا كان مبيد حشرى يقتل فى المتوسط ٩٩ ٠/٠ من كل الأفراد فمن المحتمل أن يمحو عشيرة من مائة حشرة مفترسة (لأنه سيترك حشرة واحدة فقط على قيد الحياة) فى حين أنه سيترك ألفاً أحياء من عشيرة مكونة من عشرة آلاف آكل نبات. ولهذا فإن آكلات النبات تكون قادرة على استعادة حجم عشائرها السابقة فى جيل أو نحو ذلك بينما يضطر المفترس إلى الانتظار سنوات من أجل مهاجرين ليعيد تأسيس عشيرته. وتستفيد آكلات النبات أيضاً من فعالية قاعدة فولتيرا التى وكما قد نتذكر تتنبأ بأن المفترسات تضار بدرجة أكبر بفعل رش المبيد الحشرى عن الفرائس بسبب الكيفية التى تتفاعل بها عشائرها.

لكن آكلات النبات لديها أيضاً ميزة التطور المشترك حين يكون حقل مشبعاً بالمبيدات الحشرية. فمن المرجح أنها تمتلك من قبل تكيفات للتعامل مع سموم النبات، وهذه تجعل بإمكانها التكيف مع السموم المخلّقة من جانب البشر. لا عجب إذن فى أن محاولات مقاومة الآفات الضارة عن طريق الرش المتكرر تصبح ذات نتائج غير مرغوبة عادة: طالما أنها مقاومة للسموم وتتحرر نسبياً فى وقت الرش، من المفترسات التى تساعد فى الأحوال العادية على مقاومتها، ومن ثم تنهض من كبوتها بسرعة وتنمو غالباً إلى أعداد أضخم مما كانت عليه من قبل.

لكن علاوة على ذلك ثمة نتيجة أخرى غير مرغوبة لبرامج الرش واسع النطاق، يتنبأ المرء بها بسهولة من المعرفة الأولية عن المفترسات وفرائسها، وهذه النتيجة هى ظهور صنف جديد من الآفات الحشرية. إن إهلاك القسم الأعظم من عشائر المفترس يعنى تدمير المقاومة الطبيعية و"تحرير" عشائر آكلات العشب التى لم تكن ترى من قبل. وفى حالة كلاسيكية تتعلق بالرش الزائد فى حقول القطن الواقعة فى وادى كانيت ببيرو تسبب الرش لأول مرة فى جعل مشاكل الآفات طويلة العمر تزداد سوءاً. ولكنه أفضى بعدئذ إلى "ترقية" جماعة من آكلات العشب كانت قليلة الكثافة من قبل لتتخذ مكانة

الآفة، بسبب تضخم أعداد عشائرها، الصغيرة فى الأحوال العادية، بعد تسمم المفترسات. المثال الآخر على الآفات الجديدة التى يوجدها استخدام المبيدات الحشرية على نطاق واسع هو حلَم العنكبوت الأحمر. وهذه الجماعة حرة المعيشة والقريبة الصلة بالحلَم المقيم داخل آذان الفراشات رُقّيت إلى مرتبة الآفة فى مناطق كثيرة من العالم عن طريق الرش الزائد عن الحد للـ د.د.ت والذى كانت الحشرات المفترسة للحلَم قابلة للتأثر به بدرجة أكبر من تأثر الحلم. ونتيجة لهذا توجد سوق مزدهرة لمبيدات الحلم الآن لم يكن لها وجود منذ بضع عقود مضت. وترقية الحشرات غير الضارة إلى مرتبة الحشرات الضارة هى بلا شك كنز لا يفنى لمصنّعى المبيدات الحشرية. و"علاجها" من أجل المقاومة هو مزيد من الرش، وبالتالى الوجود المتزايد باطراد للمنتجات الخاصة طالما أن كل آفة جديدة توجد بفعل الرش الزائد عن الحد تصبح هدفاً لمبيدات حشرية جديدة.

لكى تصبح برامج مقاومة الآفات ناجحة يجب أن تُخطط بحيث تتجنب تغيير العلاقات البيئية إلى اتجاهات غير مرغوب فيها. والمبيدات الحشرية يمكن أن تصبح وسائل معاونة لحد بعيد جداً حين توظف كما ينبغى، ولكنها يجب أن تستخدم كمشارط لا كهراوات. ولذا يجب استخدام التقنيات "البيولوجية" غير الكيميائية لمقاومة الآفات بما فيها برامج تعزيز المفترس. وبهذه الأساليب أصبح الايكولوجيون قادرين الآن على تخطيط برامج تتعلق بسياسة متكاملة للآفات تتحاشى مآزق البرامج السائدة للرش المتكرر، وهى البرامج الأثيرة لدى صناع المبيدات الحشرية والشركات التابعة لهم وإدارة الولايات المتحدة للزراعة. فهل سيتم تبنى تلك البرامج على نطاق واسع فى مواجهة المصالح الاقتصادية القوية؟ هذا ما لا نعرفه حتى الآن.

لقد ساعد الفهم المتنامى المتعلق بالتطور المشترك للنبات وآكله الايكولوجيين، كما رأيتَ، على إدراك قدر كبير من الظاهرة. فهو يفسّر لم تخفى النباتات عديداً من المواد الكيميائية الفعالة بيولوجياً – وهى مركبات يستعملها البشر كعقارات وأدوية وتوابل. ويفسر أيضاً أصول المنتجات الصناعية مثل المطاط. وقد ألقى الضوء على مسائل عملية كثيرة مثل لم لا يحقق الاستخدام العشوائى للمبيدات الحشرية المركبة على مدى طويل هدفه، وما هو الأفضل لمقاومة الآفات الحشرية الضارة بالمحاصيل مع أقل المخاطر على البشر. وساعد على حفز الأبحاث الخاصة بمنظومات التطور المشترك الأخرى مثل المنظومات التى تشمل الطفيليات والعوائل، وآكلات اللحوم والفرائس وجماعات من المتنافسين. ودفع إلى المقدمة بالمهمة المعقدة المتعلقة بتوضيح كيفية تطور المجتمعات البيولوجية.

وأصبح الايكولوجيون مستشعرين تماماً الآن التطور المعقد الخاص بالتكيفات والتكيفات المضادة التى تظهر لتشكل كثيراً من منظومات التطور المشترك مثل المنظومة المعقدة للخفاش والفراش والحلم التى وصفت من قبل. ويمكن النظر إلى تلك المنظومات الآن كسباقات تطور مشترك يصبح الانقراض فيها عقاب الخسارة. ومجمل القول أن فكرة التطور المشترك للنبات وآكله قامت بما كان ينبغى أن تقوم به نظرية علمية: حيث وفرت مبادئ عامة تفسر المشاهدات المتنوعة وغير المترابطة فيما سبق. فكل ما يتعلق بأنواع التفاعلات التى نوقشت فى هذا الفصل يُرى الآن من جانب الايكولوجيين من منظور كيفية تطورها بالاشتراك.

لكن هذا ليس سبب اعتزازى الشخصى بمزاملتى لبيتر فى مشروع النبات - الفراشات. فالسبب بالأحرى هو أننا فى سياق البحث كنا بيولوجيين اثنين فقط يتحاور كل منّا مع الآخر، كما اطلعنا على كل أدبيات الموضوع. ولم يراجع أىّ منا على الإطلاق كائناً حياً أو ميتاً فى معمل او فى متحف، وقدمنا مثالاً عكس القول القديم السائد بين البيولوجيين "ابحث فى الطبيعة ولا تبحث فى الكتب" فكان نجاحنا فى هذه الحالة قائماً على البحث فى الكتب لا على البحث فى الطبيعة!

كما فى معظم الأحوال أفضى فهم وجه من آلة الطبيعة إلى إضاءة وجه آخر. فالعمل الذى كانت تقوم به مجموعة بحثنا على التطور المشترك للفراشات والنباتات حفز تفكيرى حول ظاهرة لاحظتها أنا وآنى فى موطن خالٍ تماماً من الفراشات ومن غذائه النباتي: وهو الشعاب المرجانية فى البحر الكاريبى. حدث هذا بعد عطلة قصيرة قضيناها في جزيرة النخيل وأثناء عودتنا للوطن بعد بحث ميدانى فى ترينيداد. وقضينا كثيراً من الوقت بالطبع فى الغوص مستعينين بأدوات غوص تحت الماء. وخلال النهار كان يشكل سرب من الأسماك الساكنة ملمحاً بارزاً فوق شعب صغير على مسافة خمسين ياردة تقريباً من كوخنا. ويتكون معظم السرب من نواخر صغيرة تقضى ساعات الظلام مقلّبة المسطحات الرملية وأعشاب قاع البحر بحثاً عن الديدان والقشريات والرخويات وغيرها من اللافقاريات. وعند الفجر تعود إلى الشعب وتبقى هناك بغير حركة تقريباً حتى تقوم برحلة بحث من جديد عند الغسق.

ما جذب انتباهنا أن السرب مكون من أكثر من نوع واحد من النواخر وأنه يتضمّن غالباً أفراداً من أسماك أبو ذقن الصفراء وأحياناً أفراداً من السمك النهّاش كما يشمل أيضاً أفراداً من عائلات سمكية مختلفة تماماً. وعلاوة على هذا فالأسماك فى السرب كانت بنفس الحجم تقريباً وذات نقوش متماثلة ملونة وغير مثيرة. ومع ذلك فأسماك أبو ذقن المرقطة والتى تتميز بثلاث بقع داكنة واضحة لم تكن توجد البتة داخل الأسراب مع أن وجودها شائع فى المنطقة.

كنا نلاحظ أسـراب السـمك عـادة دون تـأمل. لكن التطور المشـتـرك كـان يدور فى رأسينا، فهنا توجد بعض الكائنات الحية وثيقة الصلة بيئياً ومن أنواع مختلفة تماماً، والمتشابهة والهائمة معاً. لماذا؟ لقد أوحت لنا ملاحظاتنا أن النواخر والأسمـاك الأخرى تتقهقر إلى الشُعب خلال النهار لأن سطحها الملوّن يوفر بعض الحماية من المفترسات الموجودة فى الميـاه المكشوفة. وانتـهينا إلى أنها تشكل أسراباً كوقاية إضـافية ضد المفـترسـات. وقـد طـورت الأنواع المتـعددة بالاشـتـراك ألواناً متـمـاثلة وأنماطاً للسلوك تسمح لها معاً بتكوين أسراب أسماك متشابهة أكبر بكثير مما يمكن أن تُوجده عشيرة من نوع واحد بمفردها. والمظهر الخارجى المتماثل للأفراد فى السرب مـهم، فهو دليل على أن وجود "غريب" فى مجموعة يستثير هجوم المفترس - والفرد الذى يبدو مختلفاً ينتهى به الأمر إلى أن يُلتهم.

بعض الأبحـاث المهمـة فى مـجال التطور المشـتـرك لمنظومات المفتـرس - الفريسـة فى السنين الأخيرة أجريت لا على مفترسات أو فرائس أحياء بل على مفترسات وفرائس ميتـة منذ زمن بعيد. والواقع أنه يوجد اهتمـام مفـاجئ ومتزايد بعلم بيئة مـجتمـعات الماضى السحـيق. إن إيكولوجيا الحفريات ليست باعثة على الاهتمـام فى حد ذاتها ولكن لأنها تستطيع إلقاء الضوء على المشاكل ذات الاهتمـام المشترك مثل جدال الترقيم والتدرج (الذى نوقش فى الفصل الثانى- م). وعلى سبيل المثال درس عالِم الحفريات روبرت باكّير الأنماط التطورية فى الحفريات القديمة للمفترسات الثديية المطارِدة، والتى يتراوح تاريخها من ٤٠ إلى ٦٠ مليـون سنة خلت (وهى النظائر البيئية للذئاب وكـلاب الصيد والضباع الموجودة فى الوقت الحاضر) وفرائسـها المفترضـة. وكشف التحليل الدقـيق لعظام السـاق أنه بينمـا تطور كل من المطارِدين والمطارَدين إلى عـدائين أكـثـر سرعة فإن الفرائس كانت تنطلق بسرعة أكبر من المفترسـات. وقد خلق هذا ما يسمى فجوة تكيّف. ولم يُزد أحد أنواع المفترسـات سرعتـه بجلاء على الإطلاق طوال نصف مليون تقريباً من الأجيال متيحاً بذلك الفرصـة لاتسـاع الفجوة. وبعدئذ اختفى ذلك النوع من السـجل الحفرى وحل محله مفترس مطارِد جديد. وأصبح أفراد هذا النوع عدائين أكثر سرعة وبدأت الفجوة تضيق. وقد سمّى باكير هذه الحالـة "مفـارقة التطور المشـتـرك البطئ والمتـأنى". ولو كان السـجل الحفرى يعكس أحداث الماضى بدقـة فإن الايكولوجيين المعنيين بالتطور ينبغى أن يبحثوا بالتالى عن تفسير سبب عدم ممارسة السرعة المتزايدة للفرائس ضغطاً انتخابياً كافياً على الجماعة الأولى من المفترسات يجعلها تستمر فى سباق التطور المشترك. هل كان الموطن على نحو جعلهم يسلكون فى حياتهم بالفعل سلوك المفترسات الكامنة بدرجة أكبر من سلوك المفترسات المطارِدة؟

كيفية جرى المفترسات والفرائس فى سباق التطور المشترك يصبح له أهمية خاصة حين تكون المفترسات صغيرة الحجم إلى درجة تكون الفرائس فيها بيئتها الكاملة – أى حين تكون المفترسات من ذلك الصنف الذى نسميه طفيليات أو مسببات أمراض وتكون الفرائس عوائلها. ومن المفترض عموماً أن منظومات الطفيل – العائل تتطور بالاشتراك بحيث يصبح الطفيل ضاراً بالعائل بدرجة أقل تدريجياً. وبمعنى آخر فالطفيل ينبغى أن يصبح مؤذياً بدرجة أقل والعائل ينبغى أن يطور قدرة أفضل على التحمل من أجل وجوده. ويبدو هذا منطقياً طالما أن العكس يعنى أن يصبح الطفيل فى خطر بسبب هلاك بيئته بكاملها.

يبدو أن التطور المشترك يمضى فى هذا الاتجاه غالباً، ففى حالات كثيرة يكون هجوم الطفيليات على عشائر العائل المكشوفة أمامها فترة طويلة مهلكاً بدرجة أقل. إن الماشية الجديدة، المُدخلة إلى ما يزيد عن أربعة ملايين ميل مربع من أفريقيا الوسطى سرعان ما تمرض وتموت. وهى تقع ضحية الناجا، وهو مرض نوم خاص بالماشية تسببه التريبانوسوما (حيوان أولى يغزو الدم مثله مثل الملاريا). هذا الحيوان الأولى قريب الصلة بالعامل الذى يسبب مرض النوم عند البشر ويُحمل مثل الأخير عن طريق ذبابة التسى تسى. وتوجد أنواع من الماشية تعيش فى مناطق مصابة بالناجا منذ فترة طويلة لكنها تبدى بعض المقاومة مثل ماشية نداما عديمة السنم فى غرب أفريقيا. ومن ناحية أخرى فالبقر الوحشى المحلىّ الذى تطور بالاشتراك مع التريبانوسومات طوال آلاف السنين يأويها دون تأثيرات مرضية واضحة. فأثر الطفيل على العائل أُضعف بطول المعاشرة.

ومع هذا لا يتبع التطور المشترك للعائل والطفيل بالضرورة ذلك السبيل للتسوية كما أوضح روبرت ماى بجامعة برنسيتون، وهو أحد المنظرين الايكولوجيين القياديين فى الوقت الحاضر. فضرر الطفيل مرتبط بكيفية انتقاله. ومن ناحية فكثير من الطفيليات الفيروسية على الحشرات يُنقل فقط حين يتحرر بعد تحلل أجسام عوائله. وفى هذه الحالة يكون التطور من أجل تقليل حدة الفيروس مهلكاً للطفيل. ومن ناحية ثانية تُنقل الناجا من عائل إلى آخر بواسطة ذبابة تسى تسى مصاصة الدماء ولذا لا حاجة لها فى إلحاق الضرر بعوائلها.

من البديهى أن البشر عوائل لكثير من الطفيليات التى يسبب بعضها أمراضاً خطيرة. وبعض الطفيليات مثل الفيروسات التى تسبب الأنفلونزا والحصبة والقوباء (هربس)، والبكتيريا التى تحدث الحمى القرمزية والزهرى والسيلان تُنقل مباشرة من شخص إلى آخر. إن إيكولوجيتها بسيطة نسبياً وتتضمن الدفاعات ضدها منع الملامسة بين حامليها وغير الحاملين لها، كما تشمل إما تنشيط الدفاعات الطبيعية لجهاز المناعة (بتحصينه ضد الفيروسات) أو تناول المضادات الحيوية (لمقاومة العدوى البكتيرية).

يقضى عدد من الطفيليات الأخرى التى تهاجم البشر جزءاً من حيواته داخل عوائل غير بشرية. وتشكل أربعة أنواع منها الطفيليات المهمة بدرجة أكبر بالنسبة للإنسان: وهى طفيليات الدم المسببة للملاريا والتى تنتمى إلى الأوليات وجميعها أفراد من جنس بلازموديوم. والعوائل الأخرى لطفيليات الملاريا هى البعوض من جنس أنوفيليس. ولا يمكن أن تبقى تلك الطفيليات حية دون وجود كل من عائليها وهما البعوض والبشر.

تختلف مسببات الملاريا فى قدرتها على إحداث الضرر، ولكنها، عموماً، لا تقتل عوائلها البشرية فى الحال (كما هو متوقع طالما أن موت العائل ليس ضرورياً لانتقال الطفيل). ومن المثير للاهتمام أن تكوين الطور الذى يُنقل عن طريق الدم يعنى تكوين الطور الأشد إنهاكاً والمختص بالعدوى. وتتكاثر الطفيليات داخل خلايا الدم الحمراء وتفجرها فى آخر الأمر مطلقة الطور المعدى (على أمل أن يُمتص بواسطة بعوضة) والفضلات المسببة للحمى داخل تيار الدم.

إن أسباب اختلاف سلالات الملاريا فى قدرتها على إحداث الضرر غير معروفة، ولكن العشائر البشرية المعرضة بشدة للضرر الأعظم الناجم عن مسببات الملاريا طورت بعض الدفاعات الطبيعية ضدها. والمثال المشهور على هذا هو تغير الهيموجلوبين – البروتين المهم الذى يعمل كحامل للأكسجين فى خلايا الدم الحمراء. ففى بعض المناطق الأفريقية يكون لدى كثير من الناس شكلان من هذا الجزئ – هيموجلوبين **A** وهيموجلوبين **S** (وباختصار تكون الأفراد **AS**) بدلاً من الوضع الطبيعى وهو وجود جزئ هيموجلوبين **A** منفرد (حيث يكون الأفراد **AA**) ولأسباب معقدة للغاية يصعب شرحها هنا بالتفصيل فالأفراد **AS** تمتلك مقاومة كبيرة ضد الخطر الشديد الذى تمثله طفيليات الملاريا الأربعة.

ولسوء الحظ فبعض الأفراد يولدون بصورة حتمية، فى سياق الوراثة المندلية العادية، بأجسام تحتوى على الهيموجلوبين **S** وحده، ويكون هؤلاء الأفراد **SS**، وهم يعانون من أنيميا الخلايا المنجلية القاتلة، والتى سميت بهذا الاسم لأن خلايا دمائهم الحمراء تكون، وعلى غير المعتاد، على شكل المنجل (وهذا هو السبب أيضاً فى أن هيموجلوبينهم يرمز له بالحرف **S**) . إن الأفراد **AS** مفضلون من الوجهة الانتخابية عن أفراد النمطين الآخرين – الأفراد **AA** الذين تنقصهم المقاومة للملاريا والأفراد **SS**الذين يعانون الأنيميا ويموتون قبل أن يتكاثروا. لكن بسبب يتعلق بالآلية الوراثية الأساسية يستمر وجود الضروب الثلاثة من الأفراد فى العشيرة مع ندرة النمط **SS** . بناء على هذا تدفع قلة من الأفراد ثمن الأنيميا المميتة مقابل أن تتواجد المقاومة عند الآخرين.

من البديهى أنه بجانب الدفاعات المطورة بيولوجياً ضد الملاريا أقامت الكائنات البشرية دفاعات مستولدة. إحداها كان شُرب منقوع قلف شجرة الكينا (عضو من عائلة البن) كعلاج للحميات الاستوائية، وذلك قبل أن يصبح العامل المسبب للملاريا معروفاً بزمن طويل. ومنذ عهد قريب جداً عُزلت واستخدمت المادة الفعالة الموجودة فى قلف شجرة الكينا وهى الكينين، وتظل حديثة العهد أيضاً تشكيلة من المواد المخلَّقة معملياً (مثل الكلوروكين) الشبيه فى تركيبه الكيميائى بالكينين. إن طريقة تأثير هذه العقارات غير معروفة لكنها تبدو وكأنها تقوم بمهمة السم النوعى للبلازموديوم، كما أنها متداخلة بطريقة أو بأخرى مع التمثيل الغذائى للطفيليات داخل تيار الدم. ويبدو هنا وللوهلة الأولى أن التطور الثقافى قد تفوق بيولوجيا - طالما أن ثمن مقاومة الملاريا فى هذه الحالة لا يفرض الموت تلقائياً على الآخرين كما هو الحال فى منظومة الخلايا المنجلية. ولكن الأمر ربما لا يكون على هذا النحو دائماً وعلى المدى الطويل كما سنرى.

إثر اكتشاف دورة حياة البلازموديوم منذ قرن تقريباً أصبح التركيز الأساسى فى جهود مقاومة الملاريا منصباً على البيئة، ففضلاً عن مجرد محاولة علاج المرض بالكينين جرت محاولات لقطع دورة حياة الطفيل بوسيلتين. أولاهما استخدام ستائر على الأبواب والنوافذ ووضع كلَّة فوق فراش النوم لمنع البعوض من ملامسة الإنسان. والوسيلة الثانية كانت اللجوء إلى تغيير بيئة عشائر بعوض الملاريا. وبما أن البيض واليرقات والعذارى تحيا جميعها فى الماء فإن جهود المقاومة تتضمن غالباً تجفيف المستنقعات وإزالة الماء الراكد من الصهاريج الموجودة بالقرب من المنازل وهلم جرا. وقد أُستخدمت أيضاً دفاعات كيماوية شملت رش المبيدات الحشرية المختلفة ونشر الزيت فوق أسطح المياه فى مناطق نمو الحشرة حيث تسمم المبيدات اليرقات والعذارى والأطوار البالغة بينما يخنق الزيت اليرقات والعذارى عن طريق سدّ أنابيبها التنفسية التى تبرز فوق سطح الماء.

فهم ايكولوجيا ناقلات الملاريا المتمثلة فى بعوضة الأنوفيليس، بمختلف أنواعها، ضرورى بلا شك لمقاومتها - وعدم الانتباه إلى هذا يفضى إلى كارثة أحياناً. وقد وصف روبرت ديسوفيتز أستاذ طب المناطق الحارة فى كتابه الرائع "الديدان الشريطية فى غينيا الجديدة والجدَّات اليهوديات" (الصادر فى نيويورك عن دار نشر نورتون عام ١٩٨١) كيف أن التحول من الزراعة المحدودة الضرورية إلى زراعة الأرز ذات العائد النقدى جلب معه وباء الملاريا إلى مصب نهر ديميرارا فى جويانا. فقد وفرت حقول الأرز المغمورة بالمياه مساحات نمو متزايدة لناقلات الملاريا المحلية وقللت الميكنة من أعداد الحيوانات الأليفة التى كانت تشكل المصدر المفضل لوجباتها من الدم. وأجبرت بالتالى أعداداً هائلة من البعوض الجائع إلى التحول نحو الإنسان من أجل الحصول على الطعام، وكانت النتيجة هى الزيادات الضخمة فى إصابات الملاريا.

إن الملاريا الآن منبعثة فى كل أنحاء العالم. ولسبب ما طورت عشائر البعوض مقاومة ضد المبيدات الحشرية - نتيجة للهجمات الكيماوية المباشرة عليها وكأثر جانبي للرش واسع النطاق ضد الآفات الزراعية عموماً. وأصبح البلازموديوم مقاوماً أيضاً بصورة متزايدة للكلوروكين والمركبات الأخرى التى يتناولها الناس عن طريق الفم فى محاولة تسميمه. وفى كلتا الحالتين فإن عملية التطور الأساسية تشبه العملية التى أصبح بها ذباب الفاكهة فى تجربة بوب سوكال مقاوماً للـ د.د.ت. ويبدو التطور البيولوجى ملاحقاً للتطور الثقافى، وإن لم تكن البشرية ماهرة جداً وتركز على إجراءات الوقاية التى تتجنب مشاكل المقاومة فقد تجد نفسها فى مأزق عميق للغاية.

مقاومة كل الطفيليات ليست لها صعوبة مقاومة البلازموديوم. فبعض دورات حياة الطفيليات يمكن كسرها بسهولة نسبياً. وذلك أن المعرفة الايكولوجية القليلة تصبح أحياناً هى كل شيء، طالما أن المطلوب قد كُشف بأول برنامج ناجح للمقاومة، خطط له فى وقت ما لمواجهة طفيل خاص بالبشر. ففى عام ١٨٦٩ تغلب عالم التاريخ الطبيعى الروسى أ. ب فيدشنكو على أحد الطفيليات الأكثر إزعاجاً للإنسان وهو الدودة الغينية. هذا الطفيل المعروف فى الكتاب المقدس باسم "التنين النارى" والمعروف علمياً باسم دراكونكولس ميديننسز شائع فى أفريقيا الاستوائية والهند والشرق الأدنى. والدودة الأنثى البالغة تنمو حتى يصبح طولها نحو أربعة أقدام وتنشئ نفقاً متعرجاً تحت جلد عائلها. وتتكون قرحة عند نهاية النفق. وحين يكون سطح القرحة مبتلاً تدفع الدودة نهايتها الخلفية وتضع يرقات حية فى الماء. وعلى مدى آلاف السنين كان "العلاج" هو أن تُبل القرحة ويُمسك بنهاية الدودة فى الجزء المشقوق ويُسحب الطفيل تدريجياً ببطء بالغ خلال أيام. على أن تبذل عناية فائقة لتجنب كسر الدودة لأن عملية الاستخراج غير الناجحة تعقبها غالباً إصابة بكتيرية قاتلة.

توصل فيدشنكو إلى دورة حياة الدودة. فحين يخوض إنسان مصاب فى الماء تفرغ الدودة اليرقات من القرحة، وتؤكل اليرقات بواسطة براغيث الماء أو أيّة قشريات صغيرة أخرى تقوم بمهمة العوائل الوسيطة للديدان. وبعد نمو الديدان داخل أجسام القشريات تصبح قادرة على إصابة الإنسان حين تُبتلع الأخيرة مع ماء الشرب.

وتبيّن دورة الحياة هذه بوضوح سبب توفير الآبار المدرجة الموطن المثالى لنقل العدوى. ففى الآبار المدرجة يخوض الناس لملأ دلائهم مفضلين ذلك على الانحناء وسحب الدلاء بالحبال. وأدرك فيدشنكو أنه لو كانت الآبار المدرجة محاطة بأسوار بحيث يصبح استخدام الحبال ضرورياً فحينئذ لن يكون هناك سبيل أمام أى شخص مصاب بالقرحة ليخوض فى الماء ويسمح باكتمال دورة حياة الطفيل. ومن ثم فإنه شجع فى مصر إقامة أسوار حول الآبار المدرجة مما قلل حدوث المرض بدرجة عظيمة. ورغم هذا ظلت الإصابة بالدودة الغينية شائعة تماماً فى الهند حيث تكتسب الآبار

المدرجة دلالات دينية وبالتالى يصبح التخلص منها من الصعوبة بمكان. لكن الإيمان لا يتطلب سحق البيئة. فإدخال الأسماك آكلة القشريات والمعالجات الكيماوية لقتل براغيث الماء يستطيع كل منها المساعدة فى جعل الآبار المدرجة آمنة.

ليست كل الطفيليات كائنات دقيقة تعيش فى مجارى دماء الفقاريات أو فى حفر تحت جلودها أو تصيب، مثل الحلم الشائع، بويصلات شعر جلد معظم البشر. فقد يكون الطفيل أكبر من عائله مثلما يحدث كثيراً فى طفيليات حَضنة الطيور مثل الوقواق. فالوقاويق تضع بيضها في أعشاش طيور أخرى، ويحاكى لون بيض الوقواق لون بيض العائل بدرجة كبيرة جداً. وحين يخرج الوقواق الصغير من البيضة يزيح بفظاظة رفاقه الأصغر والأضعف من فراخ الطائر الآخر نحو حافة العش تاركاً الأبوين المنشّئين يطعمانه وحده. وخلال بضعة أيام، عادة، يصبح الوقواق الصغير أكبر من أبويه المنشّئين اللذين يظلان أبلهين لا يدركان الخدعة. والنتيجة أحد المشاهد التراجيكوميدية بحق فى الطبيعة: الأبوان المنشّئان يحاولان بلامبالاة مجاراة الشهية النهمة لوقواق صغير.

ومثل كثير من الأوجه الأخرى المتعلقة بالتطور المشترك للمفترسات والفرائس هناك أسئلة عديدة بلا إجابة حول العلاقة بين الطيور المتطفلة على الحضنة وعوائلها. فمثلاً تتطفل عشائر الوقواق عادة على عدة أنواع مختلفة من العوائل، ولكن كل أنثى وقواق تميل إلى التخصص – أى التطفل على عائل من نوع واحد فقط ووضع البيض الذى يحاكى بشدة بيض ذلك النوع بصفة خاصة. هذا الوضع الملائم للوقاويق واضح. لكن الأبوين المنشئين يدركان الخدعة ويهجران العش بأسرع ما يمكن حين توضع بيضة فى عش عائل "غير مناسب" عنه حين توضع فى عش عائل يكون بيضه مُحاكياً بصورة تامة. غير أن الآلية الوراثية التى تسمح بالتعايش فى نفس عشيرة الوقواق ذات الإناث التى تضع أنواعاً مختلفة من البيض بشكل لافت وتتطفل على عوائل مختلفة، هذه الآلية تظل سراً غامضاً.

هناك أيضاً فهم قليل لتأثير طفيليات الحضنة على ديناميات نوع العائل. ويبدو ذلك الموضوع أحياناً جديراً بالاعتبار لكن نادراً ما أجريت دراسات تفصيلية حوله. والواقع أن المعرفة قليلة فيما يتعلق بالدور الدقيق لمعظم أنواع الطفيليات فى ديناميات عشائر عوائلها، رغم توفر الدليل على أن تأثيرها قد يكون كبيراً. ويبدو أن الوباء واسع النطاق لفيروس طاعون الماشية فى شرق أفريقيا عند نهاية القرن الماضى كان له تأثير كبير للغاية حتى أن آثاره مازالت ترى فى توزيع الأبقار الوحشية. والأدبيات الخاصة بالمقاومة البيولوجية للآفات الحشرية تتضمن بيانات غزيرة تكشف أن إدخال الطفيليات يؤدى إلى نقص شديد فى حجم عشيرة الحشرات الضارة.

قصة الموت الأسود (الطاعون الدبْلىّ) تشهد على أن الطفيل بإمكانه أن يغير أيضاً وبصورة مفاجئة أحجام عشائر نوعنا. ففيما بين عامى ١٣٤٨، ١٣٥٠ قتل الطاعون ما يقدر بـ ٢٥ ٠/٠ من سكان أوربا. وفى النصف الثانى من القرن الرابع عشر فقدت دول أوربية كثيرة نصف سكانها أو أكثر، وانخفض عدد سكان إنجلترا بنحو ٤٥ ٠/٠. والواقع أن الانفجار السكانى الحالى للبشر، المنبئ بكارثة من حيث الإمكانيات يمكن أن يعزى لحد بعيد إلى مقاومة الطفيليات البشرية من خلال الإجراءات الصحيّة العامة واستخدام المضادات الحيوية - فقد انخفضت معدلات الوفيات بين البشر دون انخفاض مكافئ فى نسبة المواليد.

الطفيليات التى تهاجم الإنسان ليست المفترسات الوحيدة التى تمارس تأثيراً قوياً بشدة على حجم ونموّ عشائر البشر، ومن ثم على مجرى التاريخ. فبعض آكلات النبات تفعل ذلك- والحالة الموثقة فى هذا الخصوص كان آكل النبات فيها فطراً ينمو بشدة من التغذية على البطاطس، وكان البشر المتأثرون من جراء ذلك يعيشون فى ايرلندا.

فى أربعينيات القرن التاسع عشر كان سكان أيرلندا يزيدون عن طاقة إنتاجهم القصوى فى الزراعة. وأوصل الاحتلال البريطانى الأيرلنديين باستغلاله إلى الفقر المدقع. وفى أحد مدن كونتى دونيجال كان يوجد ٢٤٣ كرسياً صغيراً واطئاً و٩٣ كرسياً بظهر و١٠ أسرّة عند ٩٠٠٠ شخص. وكانت الأرض المتاحة للفلاحين مقسمة إلى قطع صغيرة جداً، وأصبح غذاؤهم الرئيسى البطاطس، التى يصل إنتاج الفدان منها كطعام ستة أضعاف إنتاج الحبوب. أما الأطعمة الممتازة مثل اللبن والزبد فكان من النادر أن تؤكل حتى فى المناسبات والأعياد.

فى عام ١٨٤٥ أتى ربيع جميل تلاه صيف بارد غزير الأمطار وفّر بيئة نموذجية للفطر المتطفل على البطاطس (فيتوفثورا انفستانس). ونتيجة لذلك أتلف فى هذا العام حوالى نصف محصول البطاطس الأيرلندى. ونظراً لنقص بذور البطاطس زرع فى عام ١٨٤٦ حوالى ثلثى المساحة المخصصة للمحصول فى الظروف العادية. ودمر فطر فيتوفثورا المحصول كله تقريباً. وفى عام ١٨٤٧ كانت بذور البطاطس أقل أيضاً وأمكن زراعة من ١٠ ٠/٠ إلى ٢٠ ٠/٠ من المساحة المطلوبة ولهذا أُنتج القليل من الغذاء. وفى عام ١٨٤٨ فُقد المحصول بالكامل.

الأحداث التى تسببت فى تلك الاخفاقات معروفة باسم مجاعة البطاطس الإيرلندية. وفيما بين عام ١٨٤٦ وعام ١٨٥١ ومن بين حوالى ثمانية ملايين أيرلندى مات مليون ونصف تقريباً بسبب الجوع والأمراض المرتبطة به وهاجر مليون أو نحو ذلك. كانت المحاولات البريطانية للإغاثة عاجزة بصورة إجرامية، وقصص عناء الناس تمزق نياط القلوب عند قراءتها. واستمر عدد سكان أيرلندا فى التناقص بعد المجاعة وفى الأغلب من خلال الهجرة، وهم الآن أقل بالفعل من حجمهم فى عام ١٨٤٠

من ناحية أخرى يمكن لأعداء النبات تقديم مساعدة كبيرة لعشائر البشر. فقد وُردت إلى أستراليا الكمثرى الشوكية الشبيهة بالصبار (التين الشوكى) من أمريكا الجنوبية عن طريق المستوطنين الأوائل الذين رغبوا فى استخدامها كنبات زينة. ولسوء الحظ وجد التين الشوكى بيئة مناسبة فانتشر فوق مساحة واسعة، وبحلول عام ١٩٢٥ كانت مساحة ٦٠ مليون فدان فى كوينزلاند وجنوب نيوويلز مغطاة بالتين الشوكى. وكان نصف المساحة مصاباً بشدة لأن الأرض فيه عديمة النفع. وكانت تكاليف إزالة التين الشوكى آلياً أو بتسميمه عن طريق مواد كيماوية أكثر مما كانت تستحقه الأرض ذاتها، ولذا نقّب علماء الحشرات فى الموطن الأمريكى للتين الشوكى بحثاً عن حشرة قد تساعد فى مقاومة الآفة النباتية.

وأثبتت يرقة فراشة صغيرة لها اسم كبير هو كاكتوبلاستس كاكتورم أنها آكلة شرهة للتين الشوكى. وخلال خمس سنوات بعد إطلاقها فى استراليا عام ١٩٢٦ قامت الفراشة بعمل مذهل فيما يتعلق بالقضاء على الأغلبية الساحقة من التين الشوكى. لقد اختفى ميل بعد آخر منه أمام جحافل يرقات كاكتوبلاستس - وهذا مثال كلاسيكى على "المقاومة البيولوجية" الناجحة للآفات. فمنذ ذلك الوقت لم يعد التين الشوكى مشكلة على الإطلاق فى استراليا. وهو الآن يوجد كأجمات صغيرة تعثر عليها يرقات الفراشات المنتشرة وتبيدها.

فضلاً عن أنها حالة مدهشة من حالات المقاومة البيولوجية (المفضلة عن المقاومة الكيماوية) لآفة فقصة التين الشوكى والكاكتوبلاستس ذات دلالة نظرية مهمة بوصفها جانباً آخر من الدليل ضد حجة بعض البيولوجيين القائلة أن آكلات النبات تلعب دوراً ثانوياً فحسب فى السيطرة على حجم العشائر النباتية. ففى تلك الحالة غيرت فراشة صغيرة حجم عشيرة التين الشوكى الاسترالية من عشيرة ضخمة إلى عشيرة صغيرة جداً وأبقتها فى هذا الوضع منذ ذلك الحين.

البيولوجى غير المطلع بدقة على قصة تفاعل الفراشة والتين الشوكى سيصبح من الصعب عليه الآن تحديد سبب ندرة التين الشوكى فى استراليا. ومنذ عشرين عاماً مضت بحثت أنا وتشارلز بيرش الايكولوجى الاسترالى فى كوينزلاند عبثاً عن فراشة كاكتوبلاستس بين أجمات التين الشوكى المتناثرة. فبمجرد أن تكتشف فراشة كاكتوبلاستس أجمة من التين الشوكى لا تدوم هذه طويلاً، وعليه فمعظم أجمات التين الشوكى التى يمكن العثور عليها فى أى وقت تكون خالية من يرقة الفراشة. وبالتالى فنظام اختيار وأخذ العينات سوف يوحى بأنه نادراً ما يهاجم الكاكتوبلاستس التين الشوكى ويفضى هذا منطقياً إلى استنتاج أن فراشة كاكتوبلاستس لا يمكنها أن تؤثر بدرجة كبيرة على انتشار وفرة التين الشوكى - وهو استنتاج غير صحيح بالطبع.

كما فى حالة التين الشوكى والكاكتوبلاستس فأحد التقنيات الذكية لمقاومة الآفات هو تعزيز حجم عشيرة المفترس الذى يأكل الآفة أو توسيع انتشار حجم عشيرة المفترس. ذات يوم أُدخلت أسماك الجمبوزيا إلى كتل مائية كى تأكل يرقات البعوض. وينشر الجمبوزيا اقتحمت البشرية ما يسميه الايكولوجيون "العلاقات المتكافلة" مع الأسماك. فنحن نساعدها فى غزو مواطن جديدة وتتسع بالتالى عشيرتها وتهاجم هى فى المقابل أعداءنا لتقلل انزعاجنا ومعدلات أمراضنا ووفياتنا. وبذا يستفيد كلا المشاركين. ومع أن التكافل ليس شائعاً مثل الافتراس (حيث كل الحيوانات مضطرة إلى أن تأكل رغم كل شىء) إلا أنه واسع الانتشار فى الطبيعة.

بعض الترافقات التكافلية المتينة المعروفة تنشأ بين النباتات والحيوانات التى تقوم بتلقيحها. فكل نوع من حوالى ٩٠٠ نوع من نبات التين، كمثال، يُلقح بنوعه الخاص من دبابير التين. وتكون أزهار نباتات التين صغيرة جداً وتنمو داخل التينة الكروية الشكل تقريباً التى يأكلها الناس (وهى ليست فاكهة تماماً بل أقرب إلى باقة أزهار داخلية). تدخل أنثى الدبور الصغيرة الحجم جداً داخل التينة وتتساقط حبوب اللقاح منها فوق الأزهار وتضع البيض ثم تموت. وتنمو يرقات الدبور داخل الأزهار حيث تتغذى وتشكل الشرانق. وتنبثق ذكور الدبابير عديمة الأجنحة قبل الإناث ثم تتجول داخل التينة بحثاً عن أزهار بها إناث. وتستعمل بطونها المتراكبة للتسافد مع الإناث قبل خروج الأخيرة من شرانقها. وتموت الذكور بعدئذ دون مغادرة التينة على الإطلاق. وتخرج الإناث المجنحة من الشرانق وتجمع حبوب اللقاح من الأزهار الباقية وتترك هذه التينة بحثاً عن تينة أخرى لها نفس الظروف كى تبدأ دورة الحياة من جديد.

التين (متضمناً الأنواع التجارية) ودبابيره يعتمد كل منهما على الآخر تماماً. ويضحىّ التين ببعض أنسجته لإطعام الدبابير مقابل إخصابه. ولا تستطيع الدبابير أن تنضج فى أى مكان آخر. وعليه فما لم يوجد التين لن توجد الدبابير والعكس صحيح. وفى الواقع لم يستطع تين سمايرنا القدّمانى الذى كان ينمو فى كاليفورنيا أن ينتج محصولاً من التين الناضج قبل إدخال النوع المناسب من الدبابير.

عالم التلقيح ملئ بالقصص الساحرة عن المنظومات التكافلية المتطورة بالاشتراك. فمثلاً تمضى معظم الحشرات إلى الأزهار بحثاً عن الغذاء – حبوب اللقاح أو الرحيق – وأثناء ذلك تلقِّح النباتات (التى طورت أزهاراً جذابة ومكافآت صالحة للأكل لإغراء ناقلى لقاحها). ومع هذا ففى أمريكا الاستوائية تلقح ذكور نحل الأوركيدات تلك النباتات لا مقابل تغذيتها بل مقابل العطور الكيميائية التى تجمعها. فقد أُعدّ النحل لتحويل عطور الزهرة إلى موارد تجذب رائحتها إناث نحل الأوركيد. وتحاكى أوركيدات أخرى إناث الدبابير فتُلقَّح عندما تحاول ذكور الدبابير الملتاعة التسافد معها.

إن الروابط التكافلية بين العديد من النباتات والحيوانات الناشئة بفعل منظومات التلقيح مهمة فى ضمّ آلة الطبيعة داخل كلٍّ وظيفى. فبالإضافة إلى دورها فى البرية تغدو منظومات التلقيح حاسمة فى كثير من أشكال الزراعة. وفى الولايات المتحدة يلقح حوالى مائة محصول من أشجار الفاكهة وحتى البرسيم الحجازى عن طريق الحشرات. وبدون ناقلى اللقاح تفقد البشرية جزءاً كبيراً من محاصيل غذائها.

العلاقة الأخرى المهمة فى آلة الطبيعة هى العلاقة التكافلية بين النباتات والعدد الهائل من الحيوانات التى تساعد على نشر بذورها. فحين تأكل السلاحف والطيور والخفافيش والتابيرات والشمبانزيات ويأكل البشر الثمار فإنهم فى الغالب يعملون جميعاً لصالح النبات، لأن البذور تمر سالمة من خلال القناة الهضمية وتوضع فى موقع جديد. لكن النباتات ترد الجميل بإطعام الحيوانات. والحق أن بعض الأشجار مهمة للغاية لإعالة طوائف كاملة من آكلات الثمار داخل نظم بيئية سماها لارى جيلبرت "مرتكز المتكافلات". والحيوانات الأرضية ليست المتكافلات الوحيدة مع الأشجار. فقد اكتشف حديثاً فى حوض الأمازون أن الأسماك آكلة الثمار مهمة فى انتثار بذور بعض النباتات الأرضية. والسبب فى الواقع هو أن النباتات تنتج ثماراً صالحة للأكل للحصول على حيوانات تنثر بذورها.

فى بعض الأحيان تغدو العلاقات بين النباتات وناثرى بذورها غير تكافلية، لكن أقرب كثيراً إلى أن تكون علاقات تطفل، حيث يصبح الناثرون لا معينين بل ضارين – مثلما يعرف أى إنسان حاول أن يزيل "الحسك" أو الثمار الشائكة من فوق جوربه أو سرواله. فقد طورت هذه النباتات زوائد خطافية لحجز الطيور العابرة أو الثدييات. على أن تحمل بعدئذ تلك الطيور أو الثدييات الثمار إلى أماكن بعيدة وتسقطها آخر الأمر فتنبت البذور الموجودة فى داخلها. وأحياناً تصبح الحيوانات وخاصة الطيور مغطاة تماماً بالبذور العالقة التى تفسد بالفعل نتيجة لذلك.

حالما تنتثر البذور تصبح عرضة للافتراس من جانب مجموعة متنوعة من الثدييات أو الطيور أو الحشرات آكلة البذور. وعليه فلا عجب أيضاً فى أن بعض الحيوانات، فى سياق التطور، تتطوع لمساعدة البذور المطمورة. وأحد الخدع الأشد إحكاماً فى عالم النبات قام التطور بحبكها عن طريق بعض الأنواع ذات الأنسجة الخاصة المغذية فوق بذورها والتى تجذب النمل. فالنمل يجر البذور إلى أعشاشه حيث يأكل الأنسجة الخاصة ويترك الباقى. وقد أوضح البروفيسور اندرى بيتّى بجامعة نورث ويسترن وهو أيضاً مدير معمل بيولوجيا الجبال الصخرية وزميله ديفيد كالفر بنفس الجامعة، أوضحا أن بذور الأنواع التى تُنقل إلى أعشاش النمل تنبت على الأرجح بمقدار ثلاثة أضعاف البذور التى لا تُنقل، وأن النباتات الصغيرة النامية فوق الأعشاش تكون أكثر من أربعة أضعاف النباتات غير المنقولة وأنها تعيش عامين على الأقل.

ثمة أمثلة أخرى على التكافل فوق الشعب المرجانية. وأى إمرئ يغوص تحت الماء على امتداد الشعب فى جنوب المحيط الهادى لن يتمالك نفسه عند مشاهدة أسماك العذراء ذات النقوش البرتقالية والبيضاء أو السوداء والبيضاء وهى تتعلق بعامود الماء فوق شقائق النعمان الضخمة أو تستكن فى لوامسها. وتتغذى أسماك شقائق النعمان هذه على العوالق ويعتقد أنها تساعد شقائق النعمان أحياناً بإحضار كسَر طعامها. وكلما تهدد الخطر الأسماك انسحبت بسرعة إلى ملجئها بين لوامس شقائق النعمان اللاسعة ذات السم والتى أصبحت منيعة بالنسبة له.

بالإضافة إلى هذا تستفيد معظم أسماك الشعب من برنامج المقاومة البيولوجية المطور من جانب الطبيعة. والأنواع المختلفة من الأسماك الصغيرة، ذات الألوان البراقة وخاصة أسماك عائلة اللبروس (الراس) فى الباسيفيك وعائلة القوبيونات فى المحيط الأطلنطى، تحصل على الغذاء عن طريق "تنظيف" الأسماك الأخرى.

وتستفيد الأسماك المنظِّفة بدورها عن طريق إزالة الطفيليات القشرية وربما أيضاً بواسطة إزالة القشور السائبة وقصّ وتسوية الجروح (ليس واضحاً ما إذا كانت الأخيرتان فائدتين ذات دلالة). إن "سمك الفردوس" (الذى تتحول إحدى إناثه إلى ذكور) أزرق متقزّح اللون ذو خط أسود يمتد من رأسه حتى ذيله، وقريبه اللصيق فى هاواى لافت للنظر بدرجة أكبر إذ يضاف لنقوشه الأساسية رأس أصفر براق. ومن الممتع أن القوبيونات المنظِّفة فى البحر الكاريبى والتى يبلغ طولها بوصة ونصف مماثلة فى نقوشها لسمك الفردوس الموجود فى المحيط الهادى ولكن حين توضع أسماك من المحيط الهادى فى مربى مائى مع القوبيونات فإن الأولى تتعرف على الثانية بوصفها منظِّفات.

تقيم المنظِّفات محطات لخدمة أسماك الشُّعب معلنة عن إمكاناتها برقصة مميزة. ويقترب التوابع المحتملون متضمنين مفترسات كبيرة مثل سمك العظاية والسمك الأخفس، يقتربون من محطة التنظيف ويثبتون فى وضع خاص يجعلهم يبدون وكأنهم فى نشوة، وهم يومئون بتهيوئهم للتنظيف. وحينئذ تنتقى كل سمكة منظِّفة سمكة لتنظفها. وتقوم السمكة الخاضعة للتنظيف بفتح فمها كى تنظف أسنانها كما تباعد ما بين خياشيمها حتى يتمكن المنظف من التنقل بينها. ويدخل المنظِّف تجاويف الخياشيم حتى لو كانت لمفترسات بسبب الحصانة.

إن ممثلاً ثانوياً تطور بالاشتراك بفعل منظومة المنظِّف والمنظَّف: وهو سمكة البلينىّ المسيفة الأسنان القريبة من سمكة بلينى بلاجيوترمس الضارية بعنف والجارحة بوحشية ساكنة تجاويف الحاجز المرجانى والتى تحاكى مظهر ورقصة سمكة الفردوس. لقد أقامت البلينات كذلك محطات خدمة على الشعب وجذبت أيضاً أسماكاً

راغبة فى تنظيف أنفسها. وتتخذ الأخيرة وضع المنتشى المستسلم للتنظيف وتسبح البلينى لأعلى وتأخذ منها قضمة كبيرة وتروح تلوكها، وتجفل السمكة المهيأة للنظافة لإهانتها بفظاظة لكنها لا تهاجم البلينى. ومن الواضح بالطبع أن مشابهتها لمنظفة حقيقية كبحت جماح السمكة الأكبر. وهذا التشابه صحيح تماماً. فذات مرة أمسك صديقى جون هولدرين عند بُورابُورا بسمكة فردوس حية بين يديه ورحت أصورها. لكن السمكة تقدمت لتأخذ خرطة صغيرة من إصبع جون - فسمكة الفردوس المزعومة كانت فى الواقع بلينى مُحاكية.

غنى عن القول أن المحاكاة ظاهرة واسعة الانتشار إلى أقصى درجة. وقد دُرست الظاهرة جيداً وبصورة خاصة داخل مجموعتى المفضلة من الكائنات غير البشرية وهى الفراشات، حيث وكما تتذكر تشبه الأنواع اللذيذة الطعم غالباً الأنواع المستساغة أو السامة التى تطير معها. وفى تلك المواقف فإن المحاكين يُشبهون بالأحرى المتطفلين على النماذج، وإن كانت المحاكاة يمكن أن تكون تكافلية أيضاً. وهى تثبت فى النهاية أن الأنواع الضارة التى توجد معاً يشبه كل منها الآخر. والفكرة فى الحالة الأخيرة أن جميع الأنواع الضارة تحصل على الحماية بتقليل عدد ألوان النقوش على الأجنحة بدرجة تحتم على المفترسات البلهاء أن تتعلم كيف تتجنبها. والمفترسات الصغيرة تتعلم عن طريق اختيار عينة لفريسة محتملة، وعملية اختيار العينة يمكن أن تكون عسيرة جداً بالنسبة لفراشة حتى لو كانت المفترسات فى آخر الأمر تعبر عما يدور فى رأسها من غير تردد. ولو طور كثير من أنواع الفراشات غير المستساغ الطعم نفس الهيئة فإن المفترسات ستبذل وقتاً أقل لتتعلم ما هى النقوش التى يجب تحاشيها، ويفقد كل من هذه الأنواع أفراداً أقل أثناء التعلم. إن جميع أنواع الفراشات يستفيد من الترافق.

المفترسات والفرائس والمتكافلات ليست الطوائف الوحيدة من الكائنات الحية اللصيقة إيكولوجيا. فثمة ما هو أكثر من أن تأكل الأنواع أو تُؤكل أو تتعاون بالنسبة لايكولوجيا ما بين الأنواع، حيث تجرى المنافسة فى كثير من الأحوال. وهى تحدث حين يستخدم فردان أو أكثر نفس المورد المحدود بطريقة تقلل المدد الغذائى لواحد منهم على الأقل. ويعنى هذا ببساطة أنهم يستنفدون حصة من نفس المورد (كما فى حالة الطعام) ولكن أحياناً يلجأ المنافس إلى الصدام لزيادة نصيبه (مثلما يحدث حين يطرد الطائر الطنان المحلى الفراشات بعيداً عن الأزهار الغنية بالرحيق). وللتنافس سحر هائل على الايكولوجيين لأهميته الكامنة فى آلة الطبيعة ولأنه يلعب دوراً بارزاً فى اقتصاد كثير من المجتمعات البشرية سواء بسواء.

دُرس التنافس فى منظومات تجريبية كثيرة مختلفة. وأحد المنظومات الأشد إثارة للاهتمام هى منظومة خنافس الدقيق المنتمية لجنس ترايبوليوم. والبحث فى هذه الحشرات الصغيرة مثال رائع على كيفية استخدام الايكولوجيين للبحث المعملى من

أجلْ فهم منظومات طبيعية. كانت تلك الخنافس تتغذى من قبل على التراكمات الطبيعية من المواد العضوية مثل الموجودة في جحور القوارض. ولكنها طورت ترافقاً مع الإنسان المدرك يعود إلى زمن طويل. فحين فُتحت مقبرة لفرعون مات في عام ٢٥٠٠ ق.م تقريباً وُجدت جرة تحتوى على حبوب مطحونة من بين الأشياء الخاصة بعملية الدفن. وداخل الحبوب المطحونة وجدت الأجساد الجافة لبعض الترايبوليوم - ولذا يمكن اعتبار مخازن الحبوب الخاصة بالبشر والتى أصبح فيها الترايبولويم الآن حشرات ضارة مواطن هذه الخنافس.

يأتى رواج الترايبوليوم كموضوع للتجارب على ديناميات العشائر من سهولة الاحتفاظ به فى المعمل. وتشكل قنينة زجاج بها ربع أوقية من دقيق القمح الأسمر كوناً بالنسبة لهذه الحشرات الصغيرة. وعند وضع زوج من الخنافس فى القنينة يمكن ملاحظة نمو العشيرة فى ذلك الكون الصغير. والتجربة بسيطة، فبعد مضى شهر تُفصل الخنافس عن الدقيق باستخدام منخل حريرى وتُحصى الأفراد الموجودة من الأطوار المختلفة - البيض واليرقات والعذارى والحشرات البالغة - وبعدئذ يوضع دقيق طازج فى القنينة ويعاد وضع الخنافس بها. ويمكن إجراء تكرارات عديدة لكل تجربة بسهولة نسبية: فالمصدر الغذائى معيارى وشكل كل بيئة هو أسطوانة مماثلة وكل القنينات يمكن حفظها فى أماكن متقاربة الحجوم ذات درجة حرارة ونسبة رطوبة ثابتة.

لو أنه بدلاً من استخدام زوج ينتمى لنوع واحد أُضيفت أزواج تنتمى إلى نوعين من جنس خنافس الدقيق هما ترايبوليوم كونفيوزم وترايبوليوم كاستانيوم إلى القنينات، واتبعت نفس خطوات التجربة فإن سلسة من التجارب على التنافس يمكن إجراؤها فى الأكوان الصغيرة المتماثلة. هذا بالضبط ما فعله المرحوم توماس بارك الايكولوجى الشهير بجامعة شيكاغو وتلاميذه منذ سنوات طويلة فى حوالى منتصف القرن. وقد وجدوا أن أحد النوعين كان "يفوز" دائماً، وأن النوع الفائز يبقى وحيداً فى نهاية الأمر داخل حقل التجربة. ووجد بارك أنه تحت شروط معينة من درجات الحرارة ونسبة الرطوبة وتحت ظروف ائتلاف نوعى لكل من الحرارة والبرودة والرطوبة والجفاف كانت حصيلة التنافس هى نفسها دائماً. فمثلاً لو أن القنينات حفظت فى أماكن دافئة رطبة فإن نوع كاستانيوم يكون الفائز دائماً فى حين أنها إذا حفظت فى بيئة باردة جافة فإن نوع كونفيوزم يصبح هو الفائز باستمرار.

ومع هذا ففى بيئات أخرى لم تكن النتائج واضحة المعالم تماماً. فمثلاً فى بيئة باردة رطبة فاز كونفيوزم فى ٧١ ٠/٠ من القنينات وفاز كاستانيوم فى ٢٩ ٠/٠ منها. والمثير للاهتمام أن أداء كل نوع حين كان وحيداً فى تلك البيئات لم ينبئ بدقة بما

سيفعله في المنافسة.فمثلاً على عكس ما يتوقع المرء كان كاستانيوم قادراً، في بيئة باردة رطبة يعيش فيها منفرداً، على الاحتفاظ بعشائر أكبر من عشائر كونفيوزم عند انفراده بنفس البيئة.

ويحتاج عدم تحدد النتائج في بعض البيئات إلى تفسير. وترى احدى الفرضيات المطروحة من جانب الوراثيين المشتغلين بالعشائر أنه توجد إمكانية تحول وراثية للقدرة التنافسية عند كلا النوعين. بمعنى أن بعض الأفراد لديها تركيب وراثي يجعلها منافسة أشد من غيرها. وفي البيئات الحارة الجافة يفترض أن معظم نوع كونفيوزم يمكنه التغلب على نوع كاستانيوم، ولكن البعض من نوع كاستانيوم كان من الوجهة الوراثية منافساً أشد من كونفيوزم. وبالتالي فالنتيجة في أية قنينة تتحدد بالأفراد (المنافسين بصورة جيدة أو رديئة) الذين استخدموا من كل نوع عند بدء التجربة. وقد أوضح المزيد من التجارب أن التركيب الوراثي يؤثر بالفعل في النتيجة. وأمكن انتخاب سلالات لها قدرة تنافسية أشد أو أضعف (تبين أن إمكانية التحول الوراثية موجودة بالنسبة لتلك الصفة)، كما وُجدت نتائج متسقة بدرجة أكبر حين استخدمت الخنافس الطبيعية (والتي كان من المرجح بدرجة أقل أن تختلف وراثياً عن بعضها البعض) كمؤسسين للعشائر في التجارب.

ومن ناحية أخرى لم تكن هذه هي القصة بكاملها. فقد كشف مزيد من التجارب التي أجريت في منتصف السبعينات على يد بارك وتلاميذه أن التنافس في البيئات التي تقدم نتائج غير محددة يمكن أن يتأثر أحياناً بالتقلبات في أحجام العشائر خلال سياق التجربة، بمعنى أن نوعاً ما أو آخر يصبح كثير الوجود بدرجة أكبر لمجرد الصدفة، وأي من النوعين يصبح بالصدفة كثير الوجود يغدو لديه بالتالي ميزة تنافسية. وبشكل عام أثبت بحث الترايبوليوم للايكولوجيين أن المنافسين لا يستطيع كل منهم على حدة إزاحة الآخر، ولكن أثبت أيضاً أن الإزاحة تعتمد على البيئة الطبيعية أو التركيب الوراثي للأفراد المؤسسة للعشائر أو أنها تعتمد على الصدفة البحتة.

بالإضافة إلى المادة المهمة المستمدة من العمل التجريبي هناك أيضاً نظرية رياضية مفيدة فيما يتعلق بالتنافس. وتوضح هذه النظرية، من بين أمور أخرى، الظروف التي يستطيع نوع إضافي في ظلها الالتحاق بجماعة من نوع آخر ويستغل موردها الغذائي وبنفس طريقتها.

في حين أن التنافس أُثبت بسهولة عملياً وفُسر بسهولة نظرياً فلا يوجد موضوع في علم البيئة محل خلاف بدرجة أكبر من المدى الذي يساعد به التنافس (والتطور المشترك الجاري بفعل المنافسة) في تشكيل المجتمعات الايكولوجية – وفي تحديد من يعيش هنا ومن يعيش هناك، ولماذا، ومن يعيشون معاً، وكيف. ولذا فإننا سوف نعود إلى موضوع التنافس في الفصل السادس حيث يبحث موضوع تركيب المجتمعات.

مع هذا وكملاحظة نهائية فى هذا الفصل أنبه إلى أن بحث بارك على الخنافس المتنافسة لم يكن نهاية فى حد ذاته. فهو مثل معظم الايكولوجيين أراد أن يعرف كيف تعمل آلة الطبيعة وكيف أن المرء الذى نسميه الإنسان يتلاءم مع الآلية. لقد بحث عن تضمينات أوسع فى البحث الذى قام به وكان أحد الرواد الذين حذروا من عواقب النمو السكانى للبشر. وفى عام ١٩٦٢ وفى ورقة بحث علمى عنوانها "تنافس الخنافس والعشائر" كتب ما يلى عن الانفجار السكانى:

إننى ضده! ومع هذا لا أرغب فى عقد مقارنات مباشرة بين الحشرات والإنسان. لكن رغم معارضتى فإن عدة حقائق انبثقت من دراسة الخنافس فى الدقيق، وهى حقائق يبو أن لها رواجاً شاملاً. أحد تلك الحقائق أن الاستغلال الزائد و"التدخل" الشديد محفوفان بالمخاطر، وأن الخطر يزداد بازدياد السكان.

وثمة حقيقة أخرى وهى أن العشيرة الأكبر إذا تعرضت لضغط لن تتمتع بالضرورة بأحسن توقع للبقاء. والإنسان كما نعرف جميعاً ونتعالم لديه الموهبة العقلية والمهارة التقنية اللتان تمكنانه من تجنب مجازفات الخنافس. باختصار لديه القدرة على أن يدير عشيرته وأن يحافظ (بدرجة مساوية من الأهمية) على الأعداد الهائلة من العشائر الأخرى التى يعتمد عليها. لكن ثمة أمر لا ريب فيه. إن لم يُدِر الإنسان أسباب الحياة وأحوالها فإنها سوف تديره.

## الفصل الخامس

# من يعيش هنا؟ ومن يعيش هناك؟ ولماذا؟

## البيوجغرافيا

تعد الكائنات الحية الموجودة الآن نتاج تاريخ تطورى - إيكولوجى طويل ومعقد. والأمر كذلك بالنسبة للمواطن الطبيعية. وعليه فلا عجب فى أن فهم توزيع النباتات والحيوانات الحديثة - أى بيوجغرافيتهما - يُحتم على المرء أن يُطلّ على الماضى.

الفروق المثيرة للاهتمام بين المجتمعات تعزى أحياناً وببساطة إلى واقعة تاريخية. فمثلاً غياب طائر البطريق من القطب الشمالى وغياب الدب القطبى من القطب الجنوبى ينجم بوضوح لا عن عدم القدرة على التكيف مع ظروف القطب المعاكس بل من فشل كل منهما فى الوصول إلى القطب الآخر عن طريق عبور المناطق الاستوائية الحارة. والفشل فى الانتشار عبر الحواجز فى الماضى والحاضر على السواء هو أحد العوامل الرئيسية فى تفسير من يعيش هنا ومن يعيش هناك فى وقتنا الحاضر.

والحق أنه يمكن العثور على جانب مهم من تفسير توزيع النباتات والحيوانات الحديثة فى التاريخ الطبيعى لكوكب الأرض، الذى يعتبر بالمثل تاريخاً للحواجز. فالتغيرات فى شكل سطح الكوكب أوجدت ودمرت حواجز طبيعية وعدّلت المناخ، وأدى المناخ المتغير بدوره إلى إيجاد وتدمير حواجز فسيولوجية، وأثّر كل هذا فى المكان الذى تستطيع الكائنات الحية المتطورة أن تتنقل وأن تبقى فيه.

والمعالم المتغيرة دوماً هى فكرة قديمة نسبياً. ومنذ رُسمت الخرائط الأولى للكرة الأرضية تقريباً لوحظ الشبه بين المنحنى المتخذ شكل الحرف S للحافة الشرقية لقارتى نصف الكرة الغربى والمنحنى المتخذ شكل الحرف S لقارات نصف الكرة الشرقى. ونتيجة لذلك وُجد اقتراح استمر قروناً وهو أن كتلتى اليابسة الضخمتين كانتا فيما مضى متماستين وأنهما تباعدتا ببطء. بل وُجد أيضاً اقتراح منذ عهد بعيد عن الكيفية التى يمكن أن تكون قد حدثت بها التغيرات القارية. وافترض بنيامين فرانكلين أن الأرض مكونة من سائل كثيف تحت قشرة خارجية صلبة، وأن هذه القشرة قد تكون "قابلة للكسر والاختلال بفعل الحركات العنيفة للسوائل التى تستقر فوقها".

فى بدايات هذا القرن افترض الأرصادىّ الألمانى ألْفريد فيجنر أن القارات لم تكن ثابتة بل متنقلة. وأشار، بين أشياء أخرى، إلى أنها مكونة من صخور جرانيتية أخفّ فى حين أن قيعان المحيطات مكونة من صخور بازلتية أثقل - حتى أن الأولى كانت

تطفو تقريباً فوق الثانية. ونشر مخططاً كاملاً عن الحركات القارية يفترض فيه أن كتلة يابسة قديمة وحيدة تكسرت لتشكل القارات الحالية. ولكن فيزيائيّ عصره قدّروا أنه ليست هناك قوة معروفة تمكّن القارات الجرانيتية من شق سطح الماء مثل السفن من خلال القيعان المحيطة البازلتية. لهذا ومنذ عقدين وهنت أفكار فيجنر المتعلقة بـ "الانجراف القارى" وأصبح معظم الجيولوجيين يعتقدون أن القارات وجدت فى نفس مواقعها منذ تصلبت القشرة الأرضية.

ومع هذا ففى الستينيات شككت الاكتشافات فى فكرة ثبات القارات فى مواقعها منذ الأزل، وظهر منذ ذلك الحين تصور جديد هو أن سطح كوكب الأرض متغير دوماً. وتشير تشكيلة واسعة من الشواهد الآن إلى أن الأرض مكونة من عدة طبقات لدنة تحت غلاف يتراوح سمكه من ٦٠ – ١٠٠ ميل. وهذا الغلاف بالنسبة والتناسب أرق من قشرة البيضة، وهو مشقق إلى سلسلة من "الألواح" تستقر فوقها المحيطات والقارات. ويتنقّل كل من تلك الألواح فوق الطبقات الساخنة المرنة التى تقع أسفله. وعند القمم الواقعة فى وسط المحيطات يتكون باستمرار غلاف جديد من المجما (الصخور المنصهرة) الصاعدة من أسفل. وحيثما يتقابل لوحان عند خنادق المحيط العميقة بالقرب من شواطئ المحيط الهادى أو فى مكان آخر تُدفع حافة أحد اللوحين تحت حافة اللوح الآخر وتهبط إلى الطبقات الساخنة وتذوب فى المجما. وتسمى العملية بكاملها نظرية الألواح التكتونية.

كان فيجنر قريباً لحد ما من الحقيقة. فالقارات تنجرف بالفعل لكنها لا تنجرف من خلال الغلاف – بل بالأحرى على امتداده. وخطوها بطئ للغاية وهو بوصة واحدة فقط أو نحو ذلك فى العام، وتبدو العملية معقدة. وعلى سبيل المثال: الكتل الصغيرة من لوح ما لقارة تكون ملتصقة غالباً بحافة قارة أخرى على لوح آخر. ومثلما اعتقد فيجنر كانت كل القارات منذ حوالى ٢٥٠ مليون سنة مضغوطة معاً فى قارة واحدة عملاقة تكونت هى نفسها من قارات كانت منفصلة قبل ذلك بنحو ١٥٠ مليون سنة. وتسمى تلك الكتلة الأرضية الضخمة القديمة الآن بانجيا، والاسم فى الأصل افترضه فيجنر. وقد بدأ تحطم البانجيا منذ حوالى ٢٠٠ مليون سنة فى العصر الطباشيرى (الكريتاسى) حين بدأت تظهر الديناصورات المبكرة والثدييات. ومنذ ذلك الوقت تحركت القارات تدريجياً إلى مواقعها الحالية. وفى خلال المائتى مليون سنة التالية سوف تنجرف القارات إلى صورة مختلفة تماماً – وفى هذا الزمان قد تسلك الثدييات طريق الديناصورات.

معرفة توزيع الكائنات الحية وحفرياتها ساهمت بشدة فى الوصول إلى هذه الثورة فى علم الجيولوجيا، وهى معرفة أصبح لها فيما بعد أهمية حاسمة بالنسبة للبيوجغرافيا فى حد ذاتها. فقد لاحظ البيوجغرافيون منذ فترة طويلة التوزيع المتميّز

للكائنات الحية ذات القرابة مثل شجرة الزان الجنوبية (نوثوفاجس) التى تنمو فى نيوزيلندا وأستراليا وجبال الإنديز الجنوبية. وثمة توزيع آخر كان من الصعب تفسيره فى غياب حركة القارات وهو ظهور الطيور العاجزة عن الطيران فى أفريقيا (النعامة) ونيوزيلندا (الكيوى والموّة المنقرض) وأستراليا (الآمو والشّبنم). ويضفى هذان التوزيعان أهمية كبيرة على فكرة أن قارة هائلة وحيدة لابد وأنها وجدت فى نصف الكرة الجنوبى فى الماضى السحيق.

ويعتقد الجيولوجيون الآن أن تلك القارة الضخمة التى تسمى جوندوانا لاند كانت جزءاً عملاقاً وُجد حين انشقت البانجيا إلى قسمين (وسميت القارة الضخمة الشمالية لوراسيا)، وبدأت جوندوانا لاند ذاتها فى التفكك منذ ما يزيد قليلاً عن ١٠٠ مليون سنة عازلة بصورة تدريجية أفراد جماعات كثيرة من الكائنات الحية داخل "التوزيعات الجنوبية" مثل شجر الزان الجنوبى والطيور الجنوبية العاجزة عن الطيران. وهذا السياق يفسر أيضاً بدقة بالغة التوزيع الغريب المختلف لزواحف العصر الثلاثى (الترياسىّ) الشبيهة بالثدييات وهى الليستروسورس التى اكتشفت بقاياها فى أنتاركتيكا (قارة غير مأهولة تقع حول القطب الجنوبى -م) وأفريقيا الجنوبية والهند وليس فى مكان آخر.

ولكن كيف فسرت تلك التوزيعات فيما قبل منتصف قرننا هذا حين كان الجيولوجيون مقتنعين بأن القارات وقفت ساكنة؟ تصور البيوجغرافيون أن القارات الجنوبية لابد وأنها فى وقت ما كانت مرتبطة بجسور أرضية تسمح بالهجرات التى استطاعت إيجاد تلك الأمثلة البيوجغرافية الملحوظة. وافترض فى آخر الأمر أن هذه الجسور الأرضية اختفت تحت مياه المحيطات. وتلك الروابط بين القارات، والتى تمتد عبر مساحات واسعة من المحيطات والتى غمرتها المياه فيما بعد، افترضت بحماسة وقوة. ولكن من الواضح الآن، بالطبع، أن جسور نصف الكرة الجنوبى الأرضية كانت محض خيال.

بفضل (نظرية) الألواح التكتونية تغيرت تدريجياً وإلى الأبد الصورة الجغرافية عن المحيطات وكتل اليابسة لكوكب الأرض. وعلاوة على هذا فإن ترتيب المحيطات والقارات هو عامل محدد رئيسىّ للمناخات، ومثلما تنجرف القارات تنجرف المناخات أيضاً. وعليه فالانجراف القارى له تأثيرات مفاجئة على الآلة المناخية للأرض، ومن ثم على كل بيئات الكوكب. فمثلاً يعتقد أن البانجيا احتشدت منذ نحو ٤٠٠ مليون سنة بالقرب من القطب الجنوبى وأنها كانت مغطاة تقريباً بلوح ثلج رقيق قارىّ هائل. وفى المقابل كان نصف الكرة الشمالى مغطى بمحيط دافئ متصل - وهو موطن للحياة البحرية الغنية فى حقب الحياة القديم (الباليوزويك)، والتى تشمل حيوانات مثل الأسماك عديمة الفكوك وثلاثية الفصوص المنقرضة منذ زمن بعيد وأقارب الحبّار الغريبة ذات

الأصداف، التى ازدهرت جميعها فى المياه الغنية بالأكسجين المنتج بواسطة الطحالب. واتخذت البانجيا بعدئذ طريقها ببطء نحو الشمال ومناخه وتحسن بالتالى تدريجياً مناخ معظم كتلة اليابسة لكوكب الأرض.

حدث تغير مناخىّ مهم آخر منذ حوالى ١١٠ مليون سنة حين كونت فورة عارمة واسعة النطاق على امتداد القاع ارتفاعات متطاولة عريضة فى وسط المحيط – سلاسل جبال مغمورة – أزاحت كميات هائلة من ماء البحر وأدت إلى رفع مستوى سطح البحر بمقدار ١٥٠٠ قدم. واخترقت البحار الضحلة القارات مقسمة أفريقيا إلى اثنتين ومحيلة أوروبا إلى أرخبيل (مجموعة جزر) ومفرقة السهول الوسطى لأمريكا الشمالية. إن ارتفاعاً مماثلاً فى مستوى سطح البحر فى الولايات المتحدة الآن سوف يفضى إلى وضع نيوأوليانز وممفيس ودالاس وسانت لويس وكانساس سيتى وشيكاغو، ومينيبوليس بالإضافة إلى معظم فلوريدا وكل مدينة ساحلية تحت سطح مياه المحيط.

أحدث هذا الارتفاع الهائل فى مستوى سطح البحر زيادة كبيرة فى مساحة سطح المحيطات، وأدى إلى انتشار مناخات بحرية معتدلة فوق كثير من سطح الكوكب. والكتل الضخمة من الماء تتغير حرارتها ببطء شديد عما يحدث لكتل الهواء – فهى تظل أبرد فى الصيف وأدفأ فى الشتاء. وبالتالى فالمحيطات تميل إلى تدفئة الهواء فى الشتاء وتبريده فى الصيف جاعلة المناخات فى مساحات اليابسة القريبة من الشواطئ ذات حد أقصى أقل من المساحات الواقعة فى أواسط القارات. وأدّى انتشار البحار فوق أجزاء كبيرة من القارات من ثم إلى خلق شروط ملائمة للزواحف التى وصلت آنئذ إلى ذروتها. فقطعان الديناصورات آكلة العشب العملاقة كانت تذرع الأرض تلاحقها الديناصورات المفترسة الناتجة بفعل التطور وهى آكلات اللحوم الأرضية الأشد ضراوة حتى ذلك الوقت. وحلقت البتيروسورات (الديناصورات الطائرة –م) العملاقة من فوق الجروف المتاخمة للبحار الضحلة الممتدة عبر تكساس وأوكلاهوما وكانساس.

انخسفت امتدادات قاع المحيط منذ حوالى ٨٥ مليون سنة وتراجعت البحار القارية الضحلة. وانجرفت القارات بدرجة أبعد نحو القطب الشمالى وصاحب هذا خلق سلاسل جبال جديدة بفعل فورة الامتداد السابقة – وهى سلاسل جبال الهيمالايا والألب والإنديز وروكى – بردّت القارات وزادت من اختلافات درجات الحرارة بين خط الاستواء والقطبين ومن الاختلافات بين الفصول. وليس معروفاً ما إذا كانت تغيرات أىٍّ من الطاقة الشمسية أو تركيب الغلاف الجوى قد ساهمت فى تلك التغيرات المناخية. وتسبب هذا التغير المثير، ومع أنه بطئ للغاية، فى اختفاء جماعات كثيرة من الكائنات الحية منذ ٦٥ مليون سنة عند نهاية العصر الطباشيرى، فضلاً عن الانحدار الكبير

للزواحف في ذلك الوقت. ورغم أنه يتضح الآن أن هذا التغير التدريجي في المناخ لم يكن مسئولاً كلية عن انقراض الديناصورات فإن كثيراً من الأحفوريين يرون أنه ساعد على الأقل في انقراضها - كما سنرى بعد قليل.

لم يكن كوكبنا بكل وضوح ساحة إيكولوجية ساكنة بل كان يموج بالكثير من الأحداث الجيولوجية. فتغيرت العشائر في الحجم وتطورت، ليس بالضبط استجابة لأشكال التغيرات قصيرة الأجل التي تلاقيها خلال الفصول والأعوام والعقود والقرون أو حتى الآلاف من السنين، بل استجابة للتغيرات الأعظم بكثير في المناخ، والتي تحدث بمقياس زمني يعد بعشرات أو مئات الملايين من السنين.

لم تشكّل المعالم الطبيعية لكوكب الأرض سياق التطور وحسب بل إن التطور شكّل المعالم الطبيعية للكوكب. وكمثال بارز على هذا لنتذكر أن وجود الأكسجين في الغلاف الجوى الآن هو نتيجة تطور الكائنات الحية التي تقوم بالبناء الضوئي. وأكسجين الهواء الجوى في المقابل له تأثير ملحوظ على صفات وشكل المحيط الحيوى - وهو الطبقة الرقيقة نسبياً الأقرب إلى سطح الأرض والتي تعيش داخلها الكائنات الحية. وأحد الآثار المهمة الناتجة عن وجود أكسجين الهواء الجوى هو أنه جعل من الممكن إنتاج طبقة رقيقة من الأوزون (صورة من الأكسجين) في أعلى الغلاف الجوى تعوق نفاذ الأشعة فوق البنفسجية الخطيرة المنبعثة من الشمس. وقبل وجود "الحاجب الأوزوني" في الغلاف الجوى كانت الحيوانات تعيش تحت سطح البحر فقط حيث تحميها المياه من الأشعة فوق البنفسجية. والواقع أنه على امتداد الأربعة بلايين سنة الأولى من عمر الأرض كانت الكائنات الحية مائية تماماً. ولم يكن هناك من يعيش فوق اليابسة. ولم تتطور نباتات اليابسة قبل العصر السيلورى منذ ٤٣٠ مليون سنة تقريباً حين كان ٩٠٪ من سطح الأرض في ذلك الحين بارداً كما هو الآن.

سمح وجود حجاب الأوزون للنباتات بغزو اليابسة وأتاح فرصة بدء التوسع الضخم للمحيط الحيوى (البيوسفير). كما مهد الطريق لإقامة المواطن التي نعتبرها الآن أمراً مفروغاً منه - فالنباتات رغم كل شئ هي التي أقامت بنية المجتمعات الأرضية (كما يفهم ضمناً من مصطلحات مثل الغابة والسافانا والأرض قصيرة الأشجار والأرض العشبية التي اعتدنا أن نطلقها عليها). وغيَّر تكوين المجتمعات النباتية على اليابسة بدوره كمية ضوء الشمس المنعكسة من الأسطح وعدّل دورة الماء - حركات الماء بين المحيطات والغلاف الجوى واليابسة. وبهذا غيرت نباتات اليابسة مناخ الكرة الأرضية. وغيرت أيضاً السطح الطبيعي لليابسة بمساعدته على تكوين التربة.

المجتمعات النباتية فى حد ذاتها تغيرت بصورة مثيرة عبر الزمن. فمنذ ٣٥ مليون سنة فقط أو نحو ذلك وفى العصر الثلاثى بدأت تتخذ شكلها الحديث. وبحلول ذلك الوقت فإن النباتات الزهرية وهى الملمح البارز بدرجة أكبر للغالبية العظمى من المواطن النباتية فى العصر الحالى طورت تنوعها الحديث، وحلّت الثدييات بالكامل تقريباً محل الديناصورات، ووصل أسلافنا وحدهم إلى مرتبة "القرد".

رغم أن الأشكال الرئيسية للتغير متّفق عليها لحد كبير فهناك جدال مهم اليوم حول الخطو الذى غيّر التطور به هذه المجتمعات. ولنتذكر أن المدرسة التدرجية فى الفكر التطورى تعتقد أن التطور حدث باستمرار تقريباً ولكن بمعدلات مختلفة. وقد اعتبر تطور التقسيم الأرقى (وهو المستوى الأعلى من المراتبية التصنيفية الذى تقسم داخله الكائنات الحية إلى أجناس وعائلات ورتب وطوائف وهلم جرا) من جانب التدرجيين مجرد محصلة لعمليات تطور بالغة الصغر تمت عبر ملايين السنين.

مؤخراً ولعلك تتذكر تحدى الترقيميون هذا الرأى. وزعموا أن الفجوات فى السجل الحفرى أصبح من المألوف أكثر مما ينبغى تفسيرها ببساطة بوصفها نتيجة مصادفات اختيار أو أخذ العينات (متضمنة فشل تكوين أو وجود الحفرية). وتفسيرهم لذلك السجل هو أنه فى المقام الأول أحد الظهورات "المفاجئة" (وهو ما قد يعنى فى الزمن الجيولوجى "فى بضع مئات الآلاف من السنين") لأنواع جديدة أو مراتب أرقى، متبوعة بفترة ركود حدث فيها قليل من التطور أو لم يحدث تطور على الإطلاق، وهذه الفترة بدورها متبوعة باختفاء سريع لكثير من أنواع الكائنات الحية فى حلقة واضحة من الانقراضات.

ومع هذا فالكثير من الدليل الحفرى لا ينسجم مع مخطط الاتزانات المرقمة (فى التطور -م). وكمثال يوضح السجل الحفرى للإنسان المدرك الانتقال التدريجى جداً من الكائنات القصيرة صغيرة المخ ومنتصبة القامة المتمثلة فى الحفرية "لوسى" الشهيرة وخلال تتابع يشمل هوموهابيليس الأطول والأكبر حجماً فى المخ والمنتصب القامة وهوموإيريكتس (إنسان جاوه وبكين) وصولاً إلى الإنسان المدرك الأكثر طولاً والأكبر فى حجم المخ.

وفضلاً عن ذلك فإن أدلة جديرة بالاعتبار تشير إلى أن تشكل الأنواع فى كثير من أنواع الكائنات الحية يجرى فى الوقت الحاضر كما فى الفراشات الشطرنجية. ولنتذكر أن الحاضر قد يكون حلقة فى تشكل سريع غير مألوف للأنواع. أو ربما تكون الأنواع المتشكلة الآن ذات بقاء محدود - وخاصة إذا انحرفت بعيداً عن أشكال الأسلاف. إن حركة التشذيب المتعلقة بانتخاب الأنواع - البقاء التمايزى للأنواع - قد تقدم فى نهاية الأمر صورة تطورية مكبرة للركود النسبى فيما لو فحص أحفوريو المستقبل البقايا

الحفرية لعصر الآلات ذاتية الحركة. ومن ناحية أخرى فإنه كما لا يمكن تحديد المقدار الكبير فى تشكل الأنواع فى الماضى بالضبط وبصورة لا يرقى إليها الشك من خلال السجل الحفرى فإن الكثير من تشكل الأنواع فى الحاضر غير قابل للاكتشاف أيضاً. ويبدو من المرجح إلى أبعد حد، مثلاً، أن حفريات فراشة إيديث الشطرنجية لن تُميّز عن حفريات الفراشة الشطرنجية العقيقية رغم أنهما نوعان منفصلان بصورة لا تقبل الجدال.

كل ما يتعلق بتلك العوامل يساهم فى الشك القائم حول الدرجة التى يصبح عندها مسار التطور منتظماً أو متقطعاً. وما تزال هذه المسألة مهمة بالنسبة للايكولوجيين حيث أن الإجابة تسمح بتضمينات عن كل من معدلات التغير البيئى واقتران تلك المعدلات بتطور أنواع مجتمعات بكاملها فى كل من الماضى والمستقبل.

مشاكل تصور بيئات الماضى علاوة على العلاقات بين الكائنات الحية المنقرضة الآن وبيئاتها تمثلت فى محاولات فهم إيكولوجيا الديناصورات. ومن قبل عصر داروين وحتى زمن قريب جداً اعتبرت الديناصورات صوراً عملاقة من الزواحف. والحق أن كلمة "ديناصورات" تعنى "حيوان زاحف مرعب" وقد اعتقد أن الديناصورات العملاقة آكلة النبات ذات السبعين قدماً فى الطول والمنتمية إلى أجناس أباتوسورس (المعروفة أكثر باسمها السابق برونتوسورس) وإلى أجناس ديبلودوكس عاشت فى الغالب خائضة فى مياه ضحلة لتساعد سيقانها على تحمل أوزانها التى تتراوح من ثلاثين إلى خمسين طناً. وحين انتقلت إلى اليابسة تُصوِّرت متحركة بتثاقل وبطء وبغباوة عبر الخلاء ساحبة ذيولها ذات الياردات العشر خلفها. ويعتقد أن آكلات اللحوم العملاقة التى تتغذى عليها كانت بليدة أيضاً. والواقع أن الصورة المرسومة من جانب الأحفوريين للتيرانوسورس الشهير والضارى (كما يفترض) وأقربائه كانت عن كائنات قادرة على أن تكمن فى انتظار فريستها الشبيهة بالروبوت وتثب بعدئذ فوقها مثلما تندفع سحلية متشمّسة نحو حشرة عابرة فى العصر الراهن.

وترجع وجهة النظر هذه عن الديناصورات إلى اثنين من المشرّحين العظام فى أوائل القرن التاسع عشر وهما البارون جورج كوڤييه الفرنسى وريتشارد أوين الإنجليزى. فقد درسا الديناصورات كأشكال مكبرة بسيطة للزواحف العصرية - وهى كائنات حية من ذوات الدم البارد غير قادرة على النشاط المطيل للبقاء والمميّز للطيور والثدييات، علاوة على أنهما لم يدرساها كشيء متألق أكثر مما ينبغى. وفكرة أن الديناصورات من حيث الجوهر سحالٍ ضخمة كانت مفروضة بالقوة وثابتة لحد بعيد حتى أن بعض الأحفوريين زعموا أن آكلات النبات العملاقة مثل أباتوسورس لم يكن بإمكانها الوقوف منتصبة بل كان يتحتم أن تتعلق أجسادها بين السيقان المنثنية والمفلطحة مثل

السحالى العصرية والتماسيح. وهذا الاعتقاد كان منافياً للطبيعة حيث أوضح التشريح الهيكلى للسيقان بجلاء أن لها نفس تصميم أرجل الفيل المستقيمة الشبيهة بالأعمدة كى تتحمل الوزن الهائل. وفضلاً عن ذلك فالقفص الصدرى للأباتوسورس كان كبيراً حتى أن ذلك العملاق كان يحتاج إلى أخدود فى الأرض للتحرك على امتداده لو أن سيقانه وجسده كانا ملتحمين ببعضهما بنفس النظام الموجود فى التمساح. إن هذين العالمين الجادين افترضا ذلك المخطط فى مواجهة كل ما يتعلق بالدليل التشريحى المعبر باختصار عن الرأى القائل بتشابه الديناصور والسحلية.

باستعادة وتأمل ما قلناه (وبفعل ذلك فقط) يصبح من الصعب أن نفهم لماذا ظل نموذج السحلية مستمراً. وقد شهدت السنوات الحالية إعادة تقييم مشهرة ومثيرة للجدال فيما يتعلق بالديناصورات. ونحن نعرف الآن أن آكلات النبات وقفت منتصبة فوق أربع سيقان وأن مفترساتها العملاقة وقفت منتصبة فوق ساقين محافظة على اتزانها عن طريق ذيولها الطويلة. ومن الواضح أنها لم تكن تقضى معظم أوقاتها مرتمية باسترخاء فوق بطونها ومستريحة مثلما تفعل التماسيح المعاصرة. ويؤكد بعض العلماء وخاصة الأحفورى روبرت باكّير، مع تقديم الدليل، على أنه ما لم تكن الديناصورات قد قضت معظم أوقاتها مستلقية فإنها لابد وأن يكون لديها نظام أيضىّ فعال بكل معنى الكلمة كى يسمح بالتفجرات الشديدة للطاقة (والشفاء السريع من نقص الأكسجين) التى تميز ثدييات الوقت الحاضر الكبيرة والسريعة والمناورة بشدة. ويوصلنا هذا إلى مسألة فى علم بيئة الحفريات المعنى بوظائف الأعضاء (الايكولوجيا الفسيولوجية للحفريات) وهى: هل كان لدى بعض أو كل الديناصورات ذلك النظام الأيضى الفعال؟ إن محاولة الإجابة على هذا السؤال تتضمن تعليلاً من مفاتيح حل الألغاز فى السجل الحفرى، ومما هو معروف عن الأيض فى الكائنات الحية القريبة من الديناصورات والموجودة الآن.

يعتقد أن سحالى العصر الحالى ذات الدم البارد غير نشيطة معظم الوقت ولحد ما لأن لديها بالمقارنة مع غيرها جهازاً تنفسيّاً وجهازاً دورياً غير فعالين. فهما غير قادرين على نقل كميات الأكسجين المطلوبة للأيض عالى الطاقة الموجود فى الحيوانات ذات الدم الحار. وعلاوة على هذا فالسحالى (والثعابين والتماسيح أيضاً) إن كان لها أن تفى بمتطلبات حياتها بأية حال لابد أن تمارس استجابات سلوكية وخاصة التوجّه الصحيح نحو الشمس للمحافظة على درجة حرارة مُثْلى، وهى بالمقارنة أعلى نسبياً من درجة حرارة الأشياء غير الحية فى بيئاتها. وبالنسبة لكثير من السحالى فإن هذه الدرجة المثلى حوالى ٨٦° فهرنهيت. لكن الوزن الهائل لكثير من الديناصورات يحول دون إمكانية استخدامها للشمس كى تدفئ نفسها كل صباح حتى درجة الحرارة المؤثرة. فهى تقضى ساعات قليلة فى الشمس لتوفر ولو حتى ارتفاعاً ضئيلاً فى حرارة

أجسامها – مع أن الأوقات الصحيحة أمر قابل للنقاش، وقد تختلف باختلاف حجم الحيوان وشكله ولونه وحركة جهازه الدورى وهلم جرا. والسبب الرئيسى فى هذا أن مساحات أسطح الديناصورات الضخمة كانت صغيرة جداً بالنسبة لأحجامها. بالإضافة إلى أن التجارب على القواطير والحسابات النظرية أشارتا إلى أنه لكى يدفئ ديناصور ضخم أحشاءه (حتى يمكنه القيام بوظائفه الفسيولوجية) عن طريق الاستدفاء بالشمس يتحتم عليه أن يضع أنسجته قريباً من سطح جسمه.

لهذه الأسباب ولأسباب أخرى يعتقد باكّير وبعض العلماء الآخرين أن الديناصورات كانت من ذوات الدم الحار(*) . وهناك سبب آخر لهذا الاعتقاد يأتى من محاولات تصور السلاسل الغذائية التى تشملها. وطالما أن الزواحف الحديثة ذات الدم البارد لا تحتاج إلى طاقة بعدد الساعات تقريباً التى تحتاجها الثدييات التى لها نفس الحجم فالمفترسات الزاحفة يمكن أن تكون بالنسبة لفرائسها أكثر غزارة من المفترسات الثديية. إن عشيرة فئران بإمكانها أن تغذى ثعابين أكثر طالما أن الثعبان يحتاج إلى أكل فأر واحد فقط كل شهر كى يبقى، بينما تغذى العشيرة عدداً أقل بكثير من ابن عرس حيث يتعين أن يأكل كل واحد منها فأراً كل بضعة أيام. ولكن فى أواخر العصر الطباشيرى مثلاً فاقت بقايا حفريات الهادروسورس آكل النبات الشبيه بالبلاتيبوس والمقرّنات الشبيهة بوحيد القرن، من حيث العدد، الديناصورات آكلة اللحوم، التى من المفترض أنها تتغذى عليها. إن نسبة وزن (الكتلة الحيوية لـ) المفترسات إلى الفرائس تبدو مماثلة بدرجة أكبر لنسبة الأسود إلى الأبقار الوحشية فى مرج أفريقى عنها من نسبة عشيرة من السحالى إلى فرائسها من الحشرات.

ومع هذا ينبغى أن يكون المرء حذراً فى قبول تلك الحجة عن نسبة المفترس إلى الفريسة فيما يتعلق بذوات الدم الحار، لأن هناك مشاكل خطيرة فى التعامل مع الحفريات المأخوذة من طبقة جيولوجية كعينة عشوائية من مجتمع. فالديناصورات آكلة النبات ربما تكون قد مكثت وقتاً أطول فى مواطنها حيث أصبح من المرجح أن تتحفر بقاياها، وبدرجة أكبر مما تفعل آكلات اللحوم التى تتغذى عليها. ومن المحتمل أيضاً أن الديناصورات آكلة النبات الأكبر حجماً مثل الأفيال (التى طورت أسلوب حياة مشابه) كانت متحررة نسبياً من الافتراس. ولو كانت آكلات اللحوم الديناصورية مضطرة إلى التغذى فى الأغلب على آكلات النبات الأصغر فإن نسبة المفترس إلى الفريسة، ستكون إذن أقرب كثيراً من نسبة السحالى وضحاياها من الحشرات وبأكثر مما يشير السجل الحفرى. وقد حملت تلك الاحتمالات علماء آخرين على استنتاج أن دليل السلسلة الغذائية لا يدعم فرضية "الديناصورات ذات الدم الحار".

(*) لاحظ أننى وإن كنت استخدم المصطلح الشائع "ذات الدم الحار" فإن التمييز بدرجة أكبر من الوجهة البيولوجية يركز على مصدر الحرارة التى يستخدمها الحيوان للوصول إلى درجة الحرارة المؤثرة – وفى هذه الحالة فإن الدم الحار يعنى أن الحرارة متولدة عن عملية الأيض، أما مصطلح ذات الدم البارد فإنه يستخدم هنا بالنسبة للحيوانات التى تصل إلى درجة حرارتها المؤثرة عن طريق تلقى الحرارة من بيئاتها.

رغم أن الأحفوريين كفّوا عن الاعتقاد فى أن الديناصورات مشت بسيقان مفلطحة فالرأى القائل أن معظمها كان من ذوات الدم البارد مازال معتنقاً على نطاق واسع. ويجادل بعض الأحفوريين بأن الحجم الضخم وحده يمكنه إحداث درجة حرارة عالية وثابتة للجسم فى مناخ معتدل ومتوازن. وقد اقترحوا أن الديناصورات الضخمة استطاعت البقاء فى مناخات دافئة عن طريق الهجرة الموسمية، فى حين أن الديناصورات الأصغر تصبح غير نشيطة لو أصبح الطقس حاراً أو بارداً أكثر مما ينبغى. وعلاوة على هذا فقد زعموا أن الدم الحار كانت سمة "غالية" جداً تحتاج إلى غذاء أكثر مما يمكن أن تجود به بيئة العصر الثلاثى القاحلة حين ازدهرت الديناصورات. ويعتقد البعض حقاً أن الدم البارد سمة "مفضلة" فى الحيوانات الضخمة جداً الموجودة فى المناخات الاستوائية.

الأساسىّ فى الجدال بكامله هو التساؤل عما إذا كان من المناسب أن نستقرئ الصفات المميزة للسحالى والتماسيح والثدييات الحديثة وتشكيلة من "الحقائق الملحة" لحساب الديناصورات القديمة. وعلى سبيل المثال: هل مجرد أن الثدييات ناجحة لحد كبير وأنها من ذوات الدم الحار يعنى أن الدم الحار بالضرورة ودائماً يمثل ميزة بالنسبة لها؟ إن الأفيال كان يمكن أن تكون ناجحة (على الأقل حتى عصر الإنسان المدرك الصناعى) على الرغم من أنها من ذوات الدم الحار. ومجرد أن التماسيح من ذوات الدم البارد ومنبطحة فى حين أن الأفيال من ذوات الدم الحار ومنتصبة لا يستتبع تلقائياً أن الوقفة المنتصبة للأباتوسورس دليل على الدم الحار. كما أنه ليس مفترضاً أن كل الديناصورات يجب أن يكون لديها نفس أنماط توليد الحرارة وضبط درجتها، فبعض جماعات الديناصورات السريعة العدو قد تكون من ذوات الدم الحار بينما تكون ديناصورات أخرى من ذوات الدم البارد. وحتى الثدييات الحديثة تبدى تفاوتاً فى درجات دمها الخار.

هناك عدة تأملات أخرى ممتعة فى إيكولوجيا التطور المعنية بالديناصورات. وفضلاً عن الديناصورات البليدة والغبية فالمفترسات الديناصورية – خاصة الأفراد الأصغر – ربما كانت سريعة حقاً ومتآزرة بصورة جيدة وصيادة ماهرة نسبياً. وتقترح دراسات حديثة، استخدمت فيها قوالب لتجاويف أمخاخ ديناصورات مفترسة أصغر، وجود إمكانية للتناسق الحركى السريع والسلوك الاجتماعى، أقرب إلى الموجود عند نعامة عن الموجود عند حيوان زاحف. والديناصورات آكلة اللحوم الذكية والمتآزرة بصورة جيدة استطاعت أن ترتب ضغطاً افتراسياً مهماً على الثدييات الصغيرة الليلية فى حقب الحياة الوسطى (ميزوزويك). والواقع أن بعض الديناصورات تخصصت حقاً كصيادين ليليين أو غسقيين أو شفقيين واختطفوا أسلافنا الصغيرة وحدّدوا لفترة من الزمن التنوع التطورى للثدييات.

يبدو من المرجح أيضاً أنه فى المناخ المتوازن إلى حد ما لحقب الحياة الوسطى وَجَدت الديناصورات الأصغر دون غيرها (إن كانت من ذوات الدم الحار) أنه من الضرورى أن تنمى انعزالاً للاحتفاظ بحرارة أجسامها. فالوزن المجرد للأنواع الأكبر كان كافياً لتمكينها من الاحتفاظ بالحرارة خلال الفترات الأكثر برودة على مدى اليوم. ويعتقد البعض الآن أن الأقارب الهوائية للديناصورات وهم البتيروسورات (بتيروداكتيلز وأقربائها) كانت أجسامها مغطاة بشعر طويل ناعم - وأن الريش ربما تطور أولاً من هذا الشعر بوصفه آلية مؤذية وليس بالأحرى كأداة مساعدة على الطيران.

لو أن الديناصورات كانت حقاً من ذوات الدم الحار (ونحن لا نعرف ذلك على درجة اليقين) فإنها تصبح مختلفة تقريباً عن باقى الزواحف وعن الثدييات. ولهذا اقُترح أن توضع الديناصورات فى طائفة منفصلة من الفقاريات مع خلفائها وهم الطيور. وعليه فبدلاً من الرجوع شبه الهزلى إلى الطيور بوصفها "زواحف ذات ريش" كما كانت فى الماضى فإن البيولوجيين نظروا إليها بوصفها "ديناصورات ذات ريش" - آخر الباقين من مجموعة حيوانات سيطرت على الكرة الأرضية لأكثر من ١٣٠ مليون سنة، وحرمت الثدييات، بنجاح، فى خلال تلك الفترة من معظم أساليب الحياة التى تمارسها الآن.

كما قد تتوقع فاللغز الإيكولوجى الأعظم المطروح بموجب الديناصورات هو: ما الذى سبّب انقراض تلك المجموعة الناجحة من الكائنات الحية؟ البعض يعتقد أنها كانت تنحدر تدريجياً قبل أن تختفى منذ ٦٥ مليون سنة تقريباً عند نهاية العصر الطباشيرى (وهو العصر الأخير فى حقب الحياة الوسطى، والحقب الذى بدأ منذ ٢٢٥ مليون سنة تقريباً وتبعه حقب الحياة الحديثة "سينوزويك" - وهو الحقب الذى نعيش فيه الآن). ويفنّد آخرون هذا الرأى زاعمين أن الدليل لا يدعم الانحدار التدريجى. وهم يشيرون إلى أن كثيراً من الديناصورات اختفت من السجل الحفرى فى طرفة عين جيولوجية. وأن كثيراً من جماعات أخرى مثل الأمونيات (حيوانات رخوة ذات أصداف حلزونية شبيهة بالرأسقدميات) ونباتات بحرية مغمورة مختلفة انسحبت معها فجأة.

الملامح القليلة وأية ملامح للسجل الجيولوجى عند الحد الفاصل بين حقب الحياة الوسطى وحقب الحياة الحديثة تصبح موضوعاً للجدال والتأويل بدرجة أكبر من الانقراضات. وبعض التأويل يغدو هراء مثل الرأى القائل إن الديناصورات كجماعة أصبحت "خَرِفة" وماتت بحكم السن أو أن الثدييات محتها بأكل بيضها (لماذا إذن لم تمح الثدييات السحالى والسلاحف والتماسيح؟). وتتعلق نظريات أخرى بتغير الفلورا عند نهاية حقب الحياة الوسطى، فقد اقترح أن انحدار السراخس غيّر طعام الديناصورات آكلة النبات وأنها ماتت من الإمساك! ما هو فى حدود المعقول بدرجة

أكبر أن الانقراضات تعزى إلى فشل آكلة النبات فى التطور المشترك بسرعة كافية مع النباتات الزهرية، حيث إن الأخيرة طوّرت مجموعة كبيرة من المواد الكيماوية المضادة للأولى. أما آكلة اللحوم التى تتغذى على آكلة النبات فقد تبعتها بطبيعة الحال إلى الهاوية.

مع هذا لا تفسر أى من النظريات المتعلقة بالنبات لماذا اختفت جماعات أخرى (مثل العوالق النباتية) فى وقت واحد تقريباً مع الديناصورات ولماذا لم تستطع بعض جماعات الديناصورات المفترسة البقاء عن طريق التهام الثدييات أو لماذا لم تقدر بعض الديناصورات على الأقل على تدبير أمرها للاستمرار فى سباق التطور المشترك مع نباتات طعامها. وفضلاً عن ذلك طالما أن النباتات الزهرية ظهرت منذ ١٢٠ مليون سنة تقريباً فلماذا تطلبت حربها الكيماوية ٥٥ مليون سنة لتهزم الديناصورات وتحدث بعدئذ الفعل بتلك المباغتة الكارثية؟

المزيد من التفسيرات التى يمكن الدفاع عنها فيما يتعلق بـ "الترقيم" الحاد للفلورا والفونا عند نهاية العصر الطباشيرى يتضمن التغير المناخى على امتداد الكوكب والمنوَّه به من قبل. وقد اقترح أنه فى كل من البيئات البحرية والبرية قد تكون عمليات التبريد الشاملة هى سبب سلسلة أحداث الانقراضات الكارثية فى الماضى، بما فى ذلك أحداث نهاية العصر الطباشيرى.

وفى ذلك الوقت كما أوضحنا تسبب الانجراف القارى فى اتجاه تبريدى استطاع أن يكون له عواقب جالبة للكوارث بالنسبة للحيوانات الضخمة ذوات الدم الحار، والتى لم تطوّر فى وقت مبكر، حيث كان المناخ متوازناً، فراءً عازلاً أو ريشاً (مثلما الحال الآن فى الأفيال ووحيدى القرن وأفراس النهر عديمة الشعر). وأوجد الانجراف القارى كذلك أحوالاً عامة صعبة بالنسبة للحيوانات ذوات الدم البارد (فالبرمائيات والزواحف نادرة الآن فى الغابات الشمالية ولا وجود لها فى أقاليم التندرا بالمنطقة القطبية الشمالية). وهكذا فسواء أكانت الديناصورات من ذوات الدم الحار أم من ذوات الدم البارد فإنها أحست بالتأثيرات. ويمكن أن يفسّر التبريد أيضاً الانقراضات البحرية. غير أن طبيعة الانقراضات واسعة الانتشار تقف ضد كون التبريد الإجابة الوحيدة. فمن المؤكد أن بعض الديناصورات الأصغر حجماً والمتكاثرة بسرعة أكبر تستطيع أن تتطور بسرعة تكفى لتجنب الانقراض لو أن التبريد جاء تدريجياً، وهو ما كانت ستفعله لو أن الانجراف القارى كان السبب المهيمن.

قُدمت اقتراحات مختلفة تتعلق بالحدث المفاجئ لأقصى حد والمسبب للانقراضات، وتشمل هذه الاقتراحات حدوث "عاصفة" إشعاعية ناتجة عن نجم جديد هائل فى الجزء الخاص بنا من المجرة، أو كارثة جرت بفعل تصادم الأرض مع أحد الكويكبات.

والاقتراح الأخير هو النظرية الحديثة الأكثر رواجاً. فكويكب قطره نحو ستة أميال قد يقتل أثناء اصطدامه بكوكب الأرض كثيراً من الكائنات الحية، ودفعة واحدة بفعل الانفجار العنيف والحرارة، وقد يخلف وراءه كمية هائلة من الغبار فى الهواء الجوى. ويستطيع الغبار أن يعوق ضوء الشمس ويتسبب فى درجات حرارة باردة جداً ويوقف معظم أو كل عمليات البناء الضوئى لعدة شهور - ومن دواعى السخرية أنه نفس نوع الحدث الجلل المتوقع أثناء شتاء نووى يلى حرباً نووية. إن الباقين بعد حدث كهذا قد يكون فى المقام الأول بينهم النباتات القطبية ونباتات المنطقة المعتدلة والحيوانات التى أصبحت مسبتة أو فى حالة السكون المؤقت فى نصف الكرة الشتوى، والنباتات الباقية كبذور أو تراكيب النباتات تحت الأرضية فى أى مكان آخر. والواقع أن هناك بعض الأدلة على أن تلك الكوارث التى تفضى إلى انقراضات جماعية قد تحدث على فترات منتظمة - ربما تتكرر كل ٢٦ مليون سنة تقريباً.

إن فرضية الكوكب اقترحت من جانب مجموعة من العلماء على رأسهم لويس الفارين الفيزيائى بجامعة كاليفورنيا وبيركلى والحائز على جائزة نوبل عن شرحه لبعض الطبقات (الرسوبية) الجيولوجية الرقيقة جداً وغير العادية والتى ترسبت منذ ٦٥ مليون سنة. وتحتوى هذه الطبقات على تركيزات عالية من الإيريديوم، وهو معدن شبيه بالبلاتين وجد فى جبال أبينين بالقرب من جوبيو فى إيطاليا وفى أماكن أخرى. وتشكل تلك التركيزات حداً فاصلاً بين الطبقات السفلية، المحتوية على كائنات حية بحرية نموذجية بالنسبة للعصر الطباشيرى، والطبقات العلوية المحتوية على حفريات من العصر الثلاثى (الثلاثى هو الفترة الأولى من حقب الحياة الحديثة). والايريديوم يوجد فقط، وعادة، بكميات ضئيلة فى القشرة الأرضية. وهو ذو صلة قوية بالحديد، ومن المفترض أن معظم الايريديوم الأرضى غاص فى لبِّ كوكبنا حين كانت العناصر الخفيفة والثقيلة تُنسَّق منذ بليون سنة. ومع هذا فالايريديوم كثير نسبياً فى الصخور النينركية، ووجوده بكثرة فى الحد الفاصل بين حقب الحياة الوسطى وحقب الحياة الحديثة هو ما دعا إلى اقتراح فرضية التصادم.

فى منتصف عام ١٩٨٤ نشر أربعة علماء من العاملين فى المساحة الجيولوجية للولايات المتحدة تقريراً يوضح أن حبيبات الكوارتز فى الطبقة الفاصلة الغنية بالايريديوم تظهر سمات مميزة لـ "تحول الصدمة" - فتركيبها البلورى كان نفس التركيب الذى يوجد فى حبيبات الكوارتز الموجودة فى الحفر الناجمة عن اصطدام النيازك بالأرض ومواقع الانفجارات النووية والتجارب المعملية الخاصة بالصدمة. وقد توصل الجيوفيزيائيون إلى أن عيناتهم من حبيبات الكوارتز كانت "متسقة مع أصلها كغبار ذرى متساقط من التصادم مع جسم ضخم من خارج الأرض". ولكن المسألة

المتعلقة بسبب الانقراض الجماعى لم تحسم بعد. فبعض العلماء المختصين بكوكب الأرض الذين يحبذون الرأى القائل أن الايريديوم ترسب بفعل أحداث بركانية شديدة أشاروا إلى أن الدليل المستمد من حبيبات الكوارتز متسق أيضاً مع فرضيتهم.

لو كان جسم من خارج الأرض قد قام بالمهمة فمن أين يحتمل مجيئه؟ فى عام ١٩٨١ اقترح عالم فى معمل أوك ريدج القومى أن مرور نجم آخر بالقرب من مجموعتنا الشمسية بإمكانه أن يتسبب فى قصف الأرض بعدد هائل من المذنبات. ومن ثم اقترح علماء آخرون أن الاصطدامات بالمذنبات قد تكون دورية تتكرر كل ٢٦ مليون سنة تقريباً. واقترح أن مصدر التكرار الدورى نجم رفيق للشمس، لم يكتشف حتى الآن، يدور حولها فى مدار لامركزى وبعيداً عنها بمقدار ١٢ تريليون ميل تقريباً وقريباً منها بمقدار ٣ تريليون ميل. وحين يصبح قريباً منها يمر خلال تجمع من المذنبات يعرف باسم سحابة مذنبات أوورت، وتحول جاذبيته بعض المذنبات تجاه الأرض محدثة دُشاً منها يستطيع أن يدوم مليون سنة تقريباً. والنجم المفترض، والذى يسمى الآن اسماً مناسباً هو "الخصم الرهيب"، ليس ناشئاً عن الرجوع ١٣ مليون سنة تقريباً - وهو ما يعنى فى الحد الأدنى أن حضارتنا لديها الكثير مما يخيفها من شتاء نووى.

لسنا فى حاجة إلى القول إن فرضية "دُشّ المذنبات الدورى" هذه هى أيضاً موضوع للنقاش الساخن. وقد طُرحت أولاً لتفسير استنتاجات اثنين من الاحفوريين بجامعة شيكاغو، هما ديفيد روب وجون سيبكوسكى، قاما بتحليل إحصائى شامل لأبعد حد عن أحداث الانقراض عبر الـ ٢٥٠ مليون سنة الأخيرة مستخدمين ظهور واختفاء عائلات من الكائنات الحية البحرية فى ومن السجل الحفرى كمعلومات أساسية. وغربلا معلوماتهما بعناية لفصل مجموعات ذات وضع تصنيفى مشكوك فيه أو ذات وضع زائل وقارنا النماذج المكتشفة بتقديرين مختلفين لمقياس الزمن الجيولوجى. لقد كان روب وسيبكوسكى هما من توصلا إلى الدورة الأكثر رجحاناً (إن كان ثمة دورة) والتى تتكرر كل ٢٦ مليون سنة. وقد تدعمت فرضيتهما فضلاً عن ذلك بتحليلات إحصائية لأعمار النيازك القديمة المتكونة بفعل الاصطدامات مع أجسام من خارج الأرض. ويبدو أن هذه ذات تكرار دورى كل ٢٨ مليون سنة تقريباً - وهو رقم قريب على ما يعتقد من التكرار الدورى المزعوم بالنسبة للانقراضات.

ولنلاحظ مع هذا أن نظرية دش المذنبات الدورى قائمة على تل من الافتراضات المتضمنة تحليلاً إحصائياً معقداً لمجموعات من الحفريات، والسلوك المفترض لنجم لم يكتشف بعد. وزد على ذلك أنه من المعروف أن نوع التحليل المستخدم للسجل الحفرى يؤدى أحياناً إلى ظهور دوائر منتظمة فى المعلومات ليست لها بالفعل تكرارات دورية على الإطلاق. ولهذا ينبغى على المرء فى الوقت الراهن أن ينظر إلى الفرضية التى تعتبر أدشاش المذنبات الدورية سبباً للانقراضات الدورية كقلعة مبنية على أساسات أكواخ ولكنها رغم ذلك قلعة ممتعة.

إن الجدال حول الانقراضات الجماعية مثله مثل الجدال حول الديناصورات ذوات الدم البارد وذوات الدم الحار يلقى ضوءاً قوياً على السحر الهائل للتصور المتعلق بالعلاقات الجيولوجية فى الماضى وكذلك على الصعوبات المصاحبة له. لكن حسم ما إذا كانت أحداث الانقراض الكارثية متكررة الحدوث بصورة نسبية فى تاريخ الكرة الأرضية هو أمر ذو أهمية كبيرة بالنسبة للايكولوجيين والتطوريين. ولو حُسِم الأمر حينئذ تكون الأحداث الطبيعية العارضة قد لعبت دوراً أعظم بكثير فى تطور المجتمعات عما كان متوقعاً من قبل. ومن المحتمل أن بيُوتا (نباتات وحيوانات) الكرة الأرضية بكاملها قد واجهت بصورة دورية اختناقات نجحت فى اجتيازها فقط عينة صغيرة نوعاً ما وربما عشوائية من الكائنات الحية. ويثبُت فى النهاية أن أسباب هيمنة الثدييات لها علاقة واهنة بالدم الحار ونمو الأمخاخ الكبيرة والرعاية الأبوية الشديدة أو "الميزات" التكيفية الأخرى. وبديلاً عن هذا ربما كان الأمر محض صدفة – فبعض أسلافنا بقوا على قيد الحياة بعد الكارثة التى حدثت عند نهاية العصر الطباشيرى أما الديناصورات فلم تتمكن من ذلك. ورغم كل شيء فالثدييات بكل "ميزاتها" تواجدت مع الديناصورات مدة ١٤٠ مليون سنة ومن المفترض أنها وفرت الطعام للديناصورات المفترسة خفيفة الحركة. وفيما قبل إزاحة الديناصورات من الصورة لم تطور الثدييات تنوعها الحالى ولم تضطلع بالأدوار الايكولوجية التى كانت تقوم بها من قبل الزواحف العملاقة. وعليه فالكارثة بالنسبة لجماعة يمكن أن تغدو فرصة لجماعة أخرى.

من الواضح أنه بعد الكوارث والانجراف القارى كان تاريخ التطور عاملاً رئيسياً فى تحديد من يعيش هنا ومن يعيش هناك ومتى. ويشمل تاريخ التطور النجاح أو الإخفاق فى تلك النواتج المتباينة للتطور بوصفها حصيلة للتنافس والانتشار من منطقة إلى أخرى. ونحن نعرف مثلاً من النقل الناجح للكائنات الحية من قارة إلى أخرى، والمتنوع كتنوع العصافير الإنجليزية والتين الشوكى، أن كثيراً من الكائنات الحية يمكن أن يزدهر فى مواطن لم يكن بمقدوره من قبل الوصول إليها. ويعتقد الايكولوجيون أن هذا حقيقى بالنسبة لكثير من الكائنات الحية إن لم يكن لمعظمها. وعلى سبيل المثال فطيور البطريق تطورت بوضوح فى نصف الكرة الجنوبى طالما أنه لم يعثر على حفرية للبطاريق خارج نطاق النوع. وكما ذكرت من قبل فإنها وبجلاء لم تتدبر الأمر لغزو منطقة القطب الشمالى بسبب الحاجز العملاق من الأمواه الدافئة فقيرة الغذاء نسبياً للمحيطات الاستوائية. لكن يوجد كل مبرر للاعتقاد بأن بعض أنواع البطريق على الأقل يستطيع البقاء فى مناطق القطب الشمالى إن استطاع الوصول إليه.

من البديهى أننا لسنا على يقين من هذا. فربما تدبر فرقة رائدة من طيور البطريق أمر هجرتها من الجالاباجوس (الحدّ الشمالى لتوزيعها الحالى) إلى ألاسكا. وقد تفعل ذلك فى ذروة الفترة الجليدية حين يكون الحاجز المحيطى الدافئ أضيق نوعاً ما – وربما لسبب ما لا تستطيع طيور البطريق المثابرة على الوجود فى مناطق القطب

الشمالى بعد نجاحها فى الوصول إلى هناك. وتوجد على الأقل "تجربة" نقل عرضية واحدة نقل فيها تسعة من ملوك البطريق إلى شمال النرويج، وثمة دلائل على أنها استطاعت أن تنمو هناك بقوة. ولكن طيوراً عدة من هذه الطيور المنقولة، وهى أفراد من نوع البطريق أكبر حجماً وذات ألوان برّاقة، قُتلت ولم تتأسس منها عشيرة. وتنمو بقوة فى مناطق القطب الشمالى طيور غواصة شبيهة بالبطريق - الواقع أن مصطلح "البطريق" كان فى البداية منطبقاً على طائر نصف الكرة الجنوبى البحرى العاجز عن الطيران، وطائر الأوْك الكبير المنقرض وهو يشبه بصورة ملحوظة البطاريق متوسطة الحجم. غير أنه لم تُجر محاولة تصنيفية لإثبات وجود البطاريق فى مناطق القطب الشمالى.

ومن المحتمل أن يكون هذا صحيحاً أيضاً، طالما أن نقل الكائنات الحية العرضىّ والمقصود إلى خارج نطاقها الأصلى يكون له غالباً آثار جانبية. والماعز، مثلاً، نقلت إلى أطراف عديدة من الكوكب بعيداً عن مآويها الأصلية قرب البحر المتوسط وبإمكانها أن تنمو بقوة فى تشكيلة واسعة من المجتمعات. ولكن أغلب المجتمعات التى أُدخلت إليها كادت أن تباد بفعل آكلة النبات الشرهة هذه. وفيما مضى كانت جزيرة سانت هيلانة فى جنوب المحيط الأطلنطى مغطاة بغابات كثيفة. وبعد أشجار الأخشاب أكلت الماعز المدخلة إلى الجزيرة ما تبقى من نبتات صغيرة. وحال هذا دون نمو الأشجار من جديد وتحولت الغابة إلى أرض قاحلة صخرية. (التدمير البيئى لحوض البحر المتوسط فى حد ذاته هو أيضاً وفى جانب غير محدود منه ناشئ عن نهب الماعز - التى حماها البشر من المفترسات الطبيعية فى المنطقة مثل الأسود، التى أبيدت على أيديهم منذ آلاف السنين). وقد أُدخلت الكلاب والخنازير والفئران إلى جزر هاواى حين استعمرها البولينيزيون (سكان جزر تقع فى المحيط الهادى شرق أستراليا -م) بين أعوام ٤٠٠، ٦٠٠ بعد الميلاد وساعد هذا على التخلص من جزء كبير من فونا الطائر الأصلى للمنطقة قبل وصول الأوربيين بوقت طويل. ولنتذكر ما فعل التين الشوكى فى أستراليا. ومن الصعب التنبؤ بأثر نقل البطاريق إلى مناطق القطب الشمالى، لكن الشيء الممكن الوحيد هو انقراض أنواع أخرى من الطيور البحرية (بسبب التنافس مع البطاريق) الأقل فعالية كمفترسات.

تبقى تجارب النقل، رغم ذلك، وسيلة حاسمة لفهم البيوجغرافيا، ومن الممكن إجراء تجارب مأمونة وإن كانت مثيرة بدرجة أقل لحل معضلات بيوجغرافية مثل المعضلة المطروحة بموجب البطاريق، وكانت مجموعتنا تقوم بتجربة من هذا النوع على فراشة جيليت الشطرنجية النادرة (إيوفيدرياس جيليتّى) القريبة النسب من فراشة إيديث الشطرنجية والفراشة الشطرنجية العقيقية. وتظهر فراشات جيليت الشطرنجية فى الأحوال الطبيعية فى مستعمرات مبعثرة على الجبال الصخرية شمال حوض ويومنج

(منطقة منخفضة تفصل الصخور فى ويومنج الشمالية عن الصخور فى شمال غرب كلورادو). ونحن ندرس هذه الفراشات منذ منتصف السبعينيات فى المنطقة المجاورة لجراند تيتونز فى شمال غرب ويومنج.

فراشات جيليت الشطرنجية ليست موجودة فى كلورادو مع أنها ظهرت بجلاء فى مواطن ملائمة بالقرب من معمل بيولوجيا الجبال الصخرية وأماكن أخرى. وحين بدأنا بحثنا هذا كان هناك تفسيران محتملان لغياب هذا النوع من الفراشات فى كلورادو. أحدهما أن الفراشات التى غزت أمريكا الشمالية من أوروبا الآسيوية (حيث يعيش أقرباؤها المقربون) عن طريق ألاسكا كانت غير قادرة على عبور فجوة الموطن غير الملائم فى حوض ويومنج واستعمار صخور كلورادو. والتفسير الآخر هو أن الفراشات وصلت من قبل إلى الصخور الجنوبية ولكن الموطن هناك، رغم أنه يبدو مناسباً، كان غير قادر بالفعل على دعم عشائرها.

وقد أجرينا أنا وتلميذتى فى الدراسات العليا شيريل هولدرين تجارب نقل فى محاولة لتحديد أى هاتين الفرضيتين صحيحاً. فإذا كانت الفراشات قادرة على الاحتفاظ بعشائرها فى كلورادو فإن هذا سيكون دليلاً آخر على أن الفراشات الشطرنجية لا تستخدم قدرتها على الطيران غالباً فى الهجرة لمسافات طويلة عبر أرض غير مناسبة (تذكر كم كانت تنقلات فراشة الخليج الشطرنجية قليلة). ومن ناحية أخرى لو فشلت محاولات النقل حينئذ لا يشير غياب فراشة جيليت الشطرنجية من كلورادو بالضرورة إلى عدم قدرتها على عبور الحواجز. كان الأمر أكثر من مجرد اهتمام عارض لأن قدرة الفراشة الشطرنجية على الانتشار ربما تكون عاملاً ذا مغزى فيما إذا كان التنوع الانزيمى فيها قد تشكل فى الأغلب عن طريق الانتخاب الطبيعى أم لا – طالما أن مهاجرين قلائل جداً بإمكانهم التأثير بقوة فى التكرارات الجينية إن كانوا "محايدين" (انظر الملحق ب).

فى صيف عام ١٩٧٧ نُقل بيض ويرقات من ويومنج إلى كلورادو. وقد وضعناهما فوق غذائهما النباتى، وهو شجيرة من عائلة صريمة الجدى، قريباً من معمل بيولوجيا الجبال الصخرية فى منطقة تشبه موطنهما الأصلى. وفى الصيف التالى كانت هناك عشيرة صغيرة من الطور البالغ فى موقع كلورادو، وتبيّن أن يرقات العام السابق قضت الشتاء فى حالة السكون المؤقت حيث أكملت اليرقات نموها وتشرنقت بنجاح فى ربيع كلورادو، كما تبين أن الانتقال من طور اليرقة إلى الطور البالغ مروراً بطور العذراء كان ناجحاً. وكان سلوك الطور البالغ فى كلورادو شبيهاً بسلوكه فى العشيرة الأصلية وبدأ التزاوج طبيعياً ووضعت كتل البيض. غير أن الفراشات فى كلورادو لم

تظهر للعيان، فى الموعد المحدد، متأخرة بذلك شهراً تقريباً عن ظهورها فى ويومنج. وبهذا التأخير تبقى القليل جداً من زمن النمو حتى أننا صرنا خائفين من ألا يصبح كثير من يرقاتها قادراً على النمو إلى حجم كبير يكفى لبقائه فى الشتاء وقبل أن تفقد الشجيرات التى يتغذى عليها أوراقها.

فى أوائل مايو ١٩٧٩ تعمق قلقنا إثر زيارة إلى كلورادو. وكنا قد اخترنا موقع تجربتنا للنقل فوق منحدر مواجه للشمال الشرقى مراعاة لراحتنا. وعند استعادة الأحداث بدا هذا خطأ جلياً. فالجليد كان قد ذاب بعيداً عن المواقع حيث تعيش عشائر كلورادو من فراشات إيديث الشطرنجية التى كان معظمها فوق المنحدرات المواجهة للجنوب. وفى حين أن نباتات غذاء يرقات تلك الفراشات كانت تشق طريقها فوق سطح الأرض فإن العشيرة الصغيرة من يرقات فراشة جيليت الشطرنجية المفرطة فى تشتيتها وشجيراتها ظلا مدفونيْن تحت عدة أقدام من الجليد.

وعليه قمت أنا وشيريل بإعادة تجربتنا فى ذلك الصيف، ولكننا نقلنا الفراشات إلى موقع أكثر انخفاضاً بـ ١٠٠٠ قدم ومعرضاً نحو الجنوب بدرجة أكبر (وكانت اختياراتنا محددة بالطبع بالأماكن التى وجد فيها موطن "ملائم"). وتأكيداً لمخاوفنا المبكرة فى الربيع فإن الطور البالغ لفراشة جيليت الشطرنجية لم يُر فى ذلك الصيف فى موقع النقل الأصلى. وعلى ما يبدو فإن بعضه كان يطير لأننا وجدنا القليل من كتل البيض.

فى منتصف مايو عام ١٩٨٠ زرنا ويومنج ومواقع كلورادو المنخفضة فى أيام متتالية. وكان كل منهما به يرقات صغيرة بدأت بالكاد فى التغذى على براعم الأوراق فى الشجيرات المستخدمة كغذاء. وكانت العشيرتان متزامنتين تماماً. وكنا مبتهجين – فقد تحقق النجاح أخيراً! وذوو الخبرة بالعمل الميدانى من بينكم بإمكانهم تخمين لم كان ابتهاجنا مبتسراً؟! فالطبيعة الأم تبدو دائماً الأكثر تفوقاً بالنسبة لهؤلاء الذين يعتقدون أن لهم اليد العليا. فقد أنتج البحث المعاد المتأخر فى ذلك الصيف فراشة شطرنجية أنثى واحدة فقط وكتلة بيض واحدة عند موقع النقل المنخفض. وفى المقابل حققت العشيرة الأصلية، المحكوم عليها على نحو ملائم بالإخفاق، عودة إلى سابق عهدها – بنسق قريب كانت تطير فيه «دستتان» من الفراشات البالغة. ولكن الموقع الأعلى المواجه للشمال دعم عشيرة تزيد عن ١٠٠ فرد – ونفس الأعداد تقريباً كانت موجودة فى الأجيال الأربعة التالية من عام ١٩٨٢ إلى عام ١٩٨٥.

وهكذا قدمت التجربة إجابة عن سؤالنا الأصلى. فالعشيرة التى تأسست لا تزال مستمرة بعد سبعة أجيال. ويبدو أن الرحيق اللازم للطور البالغ والمورد الغذائى لليرقات كانا كافيين. ولم تظهر آفة كلورادو الحشرية المفترسة غير المميّزة التى تلتهم

فراشة جيليت الشطرنجية. والمناخ يسمح بالبقاء. إذن من المرجح بشدة أن عدم قدرة الفراشة على عبور الحاجز، وليس توافق الموطن، كان العامل الحاسم فى الحد الجنوبى لنطاق النوع. كانت التجربة حذرة بدرجة ما حيث إن النقل لم يكن من النوع الذى يبدو نجاحه مرجحاً سلفاً بدرجة كبيرة. وكان النقل سيُجرى من العشيرة الأكثر قرباً من الحاجز إلى الموقع الأدنى من الجانب غير المأهول (حيث يفترض مثلاً أن الظروف على الجانبين ستكون متشابهة بدرجة كبيرة وأن فرصة التأسيس ستكون بالتالى فى حدها الأقصى).

ورغم ذلك فالنتائج، بوصفها السمة المميزة لكثير من التجارب الميدانية إن لم تكن لمعظمها، لم تقم "دليلاً". وعلى سبيل المثال فالنتائج قد تكون أن فراشة جيليت الشطرنجية غير قادرة على بناء عشائر كبيرة فى كلورادو لأن الظروف هناك حدِّية جداً. وأن العشائر الصغيرة، العشائر التى تتكون مثلاً من بضع مئات من الأفراد عرضة للانقراض العرضىّ. وأنه من المحتمل أن تنجح فراشة أنثى واحدة فى عبور الحاجز إلى كلورادو كل سنة وتنجح فى تأسيس عشائر صغيرة كل مائة سنة أو نحو ذلك. لكن من المحتمل أن تنقرض تلك العشائر فى بضع عشرات من السنين.

هذا المثال قد يكون متسقاً مع نتائج تجاربنا – طالما أن عشيرتنا المنقولة الناجحة لا تزال صغيرة إلى حد أن الانقراض يصبح بالنسبة لها إمكانية قائمة دوماً. ويتطلب الأمر، بين أشياء أخرى، تجربة شاملة بدرجة أكبر، وتأسيس سلسلة من العشائر المنقولة ومراقبتها فترة طويلة جداً.

ولهذا يكتنف بعض الشك حتماً الإجابة عن سؤالنا الأصلى. لكن التجربة لا تزال تقدم نتائج أخرى مشوقة. إن عدم انفجار عشيرة فراشات جيليت الشطرنجية المنقولة يقترح أنها، على خلاف ما يحدث مع بعض الغزاة لمنطقة جديدة (مثل التين الشوكى فى أستراليا)، لم تُنقل إلى نطاق أبعد من نطاق أعدائها الطبيعيين، أو أنها انتقلت إلى موطن حدِّى وليس بالأحرى إلى موطن ملائم بدرجة أكبر، أو أنه يقترح الأمرين معاً. والفرضية الأولى تدعمها مشاهدات عديدة ليرقات الفراش والحلَم والبق التى تلتهم كتل البيض واليرقات الصغيرة. أما الفرضية الثانية فقد أقترحت بموجب عشيرة كلورادو الموجودة فى المنطقة الأعلى، والتى تخضع الفراشات فيها لظروف مناخية صارمة للغاية. والأكثر أهمية أنه على مدى ثمانى سنوات لم تنتشر الفراشات انتشاراً ذا مغزى خارج منطقة الـ ٢٠٠ ياردة مربعة تقريباً، التى وضع البيض واليرقات الأصلية داخلها مع أن مواطن ملائمة تمتد بجلاء فى كل الاتجاهات. ويثبت هذا بصورة مثيرة عادات عدم الترحال لهذه الفراشات ويقدم سنداً أكبر لفكرة أن الفشل فى الانتشار، وليس الافتقار إلى الموطن الملائم، هو ما يفسر غياب فراشة جيليت الشطرنجية من كلورادو.

معظم القضايا البيوجغرافية ليست مطواعة لمثل تلك الاختبارات التجريبية لأسباب ميدانية وأخلاقية. وفي أحوال كثيرة يصير النقل على إطلاقه معقداً للغاية ومكلفاً بشدة، أو توجد أسباب تدعو إلى الاعتقاد بأن المستعمرات قد تسبب مشاكل بيولوجية. إن النطاق الضيق لنباتات العائل التي تتغذى عليها فراشات جيليت وشطرنجيات أخرى، والتشابه وقرابة المواطن المستخدمة إلى جانب تشكيلة من عوامل أخرى جعلت تجربة النقل التي قمنا بها مأمونة. وفي هذه الحالة لا توجد إمكانية لتتحول العشيرة المنقولة إلى آفة ضارة، والواقع أن التجربة لو كانت ناجحة فسوف تساعد في تأمين مستقبل نوع على حافة الوقوع في الخطر. ولكنا تمعّنا طويلاً وأجرينا مشاورات على نطاق واسع قبل القيام بتلك التجربة المحدودة. وفي حالات قليلة نسبياً تصبح الإجراءات الوقائية اللازمة متاحة للقيام بتجارب كبيرة معقولة ومأمونة.

نتيجة لهذا اقتصر البيوجغرافيون، تقريباً، على تحليل التوزيعات الموجودة للكائنات الحية والكائنات المتحفّرة والمقرون بدليل من علاقات التطور وشكل المواطن الطبيعية في الماضي لتصوّر تاريخ توزيع «بَيُوتا» الكرة الأرضية. وعدم الانسجام الظاهري لبعض جوانب ذلك الدليل هو السبب في أن التوزيع الجنوبي لتشكيلة من مجموعات نباتية وحيوانية حيّر البيولوجيين كثيراً قبل أن تصبح ظاهرة الانجراف القاري مقبولة. والبيوجغرافيون ليسوا وحدهم من افترضوا أن الجسور الأرضية كانت تربط في وقت ما بين القارات الجنوبية، ذلك أن علماء الطيور تجرأوا على افتراض (وعلى وجه غير صحيح) أن الطيور العاجزة عن الطيران كانت جماعة متعددة الأصول – أي أنها تجمّع من أنواع متشابهة ظاهرياً فَقَد كلٌ منها على حدة القدرة على الطيران، وكان كل منها قريب الصلة بشدة بمجموعات من الطيور الطائرة، وبدرجة أكبر من قربها بعضها البعض. هذا التطور المتلاقي للعجز عن الطيران بدا فرضية معقولة حين كان يعتقد أن القارات الجنوبية بقيت دائماً في مكانها الذي تشغله الآن، وأنها في أحسن الأحوال ارتبطت مؤقتاً عن طريق الجسور الأرضية. ولكن الآن حيث أصبح الانجراف القاري مسلماً به فانحدار النّعام والرّيات (المفرد ريَّة –م) وما أشبه من أصل واحد عاجز عن الطيران – كما يدل على ذلك شكلها الظاهري – بات مفهوماً بصورة أفضل.

هناك بالطبع دائرية ما في التفكير جيئة وذهاباً بين الجيولوجيا والبيولوجيا – كما هو الحال في أغلب الأحوال بالنسبة لفروع العلوم التي تتناول قضايا معقدة ذات عنصر تاريخي جوهري، فتوزيعات أشجار الزان الجنوبية أو الطيور العاجزة عن الطيران وحفريات ليستروسورس تفسر بالانجراف القاري. ولكن هذه التوزيعات استخدمت أيضاً كجانب من الدليل على الانجراف القاري. والأمر كذلك بالنسبة للفحم المكتشف في مناطق القطب الجنوبي بواسطة بعثة السير إرنست شاكليتون في عام ١٩٠٨ . ووجود الفحم بالإضافة إلى حفريات ليستروسورس

(الذى أدّى الموضع المرتفع لمنخريه مع سمات أخرى إلى الحدس بأنه عاش حياة شبيهة بحياة فرس النهر الموجود الآن) ساكن المستنقعات أشارا إلى أن المناخ فى مناطق القطب الجنوبى يتحتم أن يكون دافئاً فى ذلك الوقت بدرجة تكفى لدعم «بيوتا» معتدلة – وهو ما لا يمكن تعيينه دائماً عند القطب الجنوبى. وهذا دليل على الانجراف وجانب من الدليل على أن البانجيا تحركت نحو الشمال قبل أن تنكسر وأن الجزء الذى صار القطب الجنوبى عاد إلى الجنوب. ولكن الانجراف بدوره يساعد فى "تفسير" توزيع الفحم والليستروسورس.

الجيولوجيا الحديثة بتأكيدها على الألواح التكتونية والانجراف أصبح لها تأثير فعال على الفكر البيوجغرافى كما أنها دعمت نموّ مدرسة متطرفة فى البيوجغرافيا – وهى بيوجغرافيا البيئة المشظّاه. وتنظر هذه المدرسة إلى نمو الحواجز (بفعل الانجراف القارى والتغير فى مستوى سطح البحر ووجود الجبال والتصحر وهلم جرا) داخل النطاقات الواسعة الراسخة للكائنات الحية بوصفه التفسير الوحيد علمياً للفجوات الحالية فى توزيعات المجموعات ذات القرابة من الكائنات الحية. وهى مدرسة التفسير الأساسى لوجود أزواج من أنواع قريبة الصلة لحد بعيد تظهر فى أماكن متباعدة جداً (وهى تسمى هذه الأزواج "المُشظّون" ومن هنا جاء اسم المدرسة). وكما ذكرنا من قبل فالفجوات فى التوزيعات الناتجة عن تغيرات طبيعية تفسّر بالتأكيد كثيراً من النماذج البيوجغرافية – مثل المواقع المتباعدة جداً لحفريات ليستروسورس. ولكن نماذج كثيرة أخرى تكون بوضوح مساوٍ محصلة انتشار ناجح عبر الحواجز حدث فى المكان منذ عهد بعيد. ووجود زوج المُشظّين من أمير الفراش الأحمر (فانسّا أَتَلانتا) فى كاليفورنيا وفراشة كيمهاميها (فانسّا تاميميا) فى جزر هاواى يعزى أيضاً إلى الانتشار. والدليل الجيولوجى على أن كلاً من جزر الجالاباجوس وجزر هاواى لم تكن أبداً فى أى مكان قريبة من اليابسة هو دليل ساحق. إن كون فراشة كيمهاميها منحدرة من أصل شبيه بأمير الفراش الأحمر انتشر عبر المحيط الهادى من أمريكا الشمالية هو تفسير غير ملائم عند بيوجغرافييّ البيئة المشظّاه. والواقع أن كثيراً من أحداث الانتشار قد شوهدت – وإعادة إعمار جزر كراكاتاى بتشكيلة واسعة من النباتات والحيوانات بعد انفجارها فى عام ١٨٨٣ مجرد مثال واحد مشهور. من السهل إذن أن نفهم لماذا تفترض الأغلبية العظمى من البيوجغرافيين أن توزيعات اليوم هى بجلاء نتيجة لكل من تكسّر سلاسل الجبال المتصلة من قبل، والانتشار عبر حواجز راسخة.

استيعاب عمليات الانتشار، وتكسر سلاسل الجبال، والظواهر المعلَّلة مثل "مراكز الأصل" (وهى المناطق الجغرافية التى توجد بها أنواع كثيرة من نفس الجنس أو أجناس كثيرة من نفس العائلة) هى تحديات من أجل إعادة إحياء حقل البيوجغرافيا. وكذلك الأمر بالنسبة للتنبؤ بنتائج التدخلات البشرية التى تستطيع أن تمنح الكائنات

الحية وسيلة للوصول إلى مواطن جديدة. وهناك الآن جدال حاد حول أحد التدخلات الممكنة – شق قناة بمستوى سطح البحر عبر وسط أمريكا. وستسمح تلك القناة للبيوتا البحرية المتميزة على جانبى المحيط الأطلنطى والمحيط الهادى للبرزخ باجتياح كل منها للأخرى، وهو أمر ليس ممكناً بوجود قناة المياه العذبة المقامة حالياً. (والقضية معقدة جداً، وبينما تقف قلة فى وجه الإجماع الذى تم التوصل إليه فإن كل شخص تقريباً متفق على أنه من المرجح أن تكون نتائج مجموعة تصنيفية ما مختلفة تماماً عن نتائج مجموعة تصنيفية أخرى).

لكن أحد أكثر المجالات تحدياً فى البيوجغرافيا يعنى بالأحداث الكبرى الأقل بكثير من انجراف القارات أو الربط الاصطناعى لمحيطين. إنه يُعنى عوضاً، كمثال، بمحاولة فهم لماذا يكون لجزيرة عدد أكبر من أنواع الطيور عن غيرها من الجزر، أو لماذا يصبح نوع ما من النباتات غذاءً لشكيلة أوسع من آكلات النبات. وهو أحد مجالات علم البيئة التى تساعد النظرية فيه التفكير بقوة فيما يتعلق بمشكلة ما.

ودور النظرية فى العلوم مفهوم على نحو ردئ من جانب غير العلماء – وذلك مع قليل من التعجب. وتستعمل كلمة "نظرية" بعدة طرق مختلفة. فـ "نظرية" التطور العلمية تترجم إلى "واقع" التطور بمصطلحات الشخص العادى. وقول أن كل الكائنات الحية خلفاء متكيفُون لكائنات حية أخرى يتلاءم مع كل المعلومات المعروفة وأمر مسلم به من جانب كل العلماء غزيرى العلم، ولو أنهم كما ترى يتجادلون غالباً حول تفاصيل آلية التطور. والأمور الأخرى التى يسميها العلماء نظريات هى كيفما كانت تجريبية بدرجة أكبر – مثل نظرية أن الدور الرئيسى للمواد الكيماوية الثانوية فى النبات هو دور دفاعى. وأعنى أنها فكرة أجدّ اختبرت باجتهاد أقل، ولكنها أُختبرت. ونظرية أن أحد سلاسل أدشاش المذنبات الدورية أباد الديناصورات هى فرضية وتعليل مطروح بسبب بعض المشاهدات، يحتاج بوضوح إلى مزيد من الاختبارات (عن طريق جمع وتحليل الدلائل الفلكية والجيولوجية) قبل أن تصبح الفرضية مقبولة أو مرفوضة عموماً.

حين يتحدث الايكولوجيون عن "نظرية" كما فى حالة نظرية الجزيرة فى البيوجغرافيا فإنهم يعنون عادة نطاقاً بسيطاً ومجرداً نسبياً يساعد المرء على فهم تعقد الطبيعة. والنطاق غالباً قائم على لغة الرياضيات – كما فى نظرية المفترس والفريسة والتنافس – رغم أنه يمكن أن يوصف لفظياً وبصورة ملائمة فى حالات كثيرة. ونظرية الجزيرة فى البيوجغرافيا أحد الأمثلة على ذلك. فقد تطورت فى الستينيات على أيدى إيكولوجيّين بارزيْن هما روبرت ماك أرثر بجامعة برنستون (وقد توفى بصورة مأسوية من جراء السرطان فى عام ١٩٧٢ وهو فى الثانية والأربعين من عمره) وإدْ ويلسون بجامعة هارفارد (وهو إى. أو. ويلسون عالم علم اجتماع البيولوجيا الشهير).

لقد فتنت الجزر منذ عهد بعيد التطوريين عموماً والبيوجغرافيين خصوصاً. واعتنت احدى ملاحظات داروين الأساسية بالجزر:

"الحقيقة اللافتة للنظر لأبعد حد والمهمة بالنسبة لنا فيما يتعلق بساكني الجزر هي قرابتهم لسكان أقرب يابسة دون أن يكونوا بالفعل من نفس النوع. ويمكن تقديم أمثلة عديدة على هذه الحقيقة. وسوف أسوق مثالاً واحداً فقط عن أرخبيل الجالاباجوس الواقع تحت خط الاستواء على بعد ٥٠٠ أو ٦٠٠ ميل من شواطئ أمريكا الجنوبية. هنا يحمل كل نتاج للأرض والماء، تقريباً، الطابع الواضح للقارة الأمريكية ... لماذا يكون الأمر على هذا النحو؟ لماذا يتحتم على الأنواع التى يفترض أنها خلقت فى أرخبيل الجالاباجوس وليس فى أى مكان آخر أن تحمل بوضوح شديد طابع القرابة مع الأنواع التى خلقت فى أمريكا؟"(*)

أراد داروين أن يعرف أنه إذا كان الله قد خلق كل الكائنات فى وقت واحد فلماذا تشبه الكائنات الحية لأى مكان فى جزيرة بعضها البعض لحد بعيد وبدرجة أكبر من تشابهها مع أية كائنات حية لليابسة؟ وقد بين أنه:

"... توجد درجة عالية من التشابه فى الطبيعة البركانية للتربة والمناخ والارتفاع وحجم الجزر بين الجالاباجوس وأرخبيلات رأس فيردى: لكن يا له من اختلاف تام وجوهرى بين ساكنيهما! فساكنو جزر رأس فيردى قريبو الصلة بساكنى أفريقيا، وساكنو جزر الجالاباجوس يشبهون ساكنى أمريكا. وأعتقد أن هذه الحقيقة الكبرى لا تتسع لأى نوع من التفسير بالرأى الدارج عن الخلق المستقل، طالما أنه بالرأى المؤكد هنا بالدليل من الواضح أن جزر الجالاباجوس استقبلت على الأرجح مستعمرين من أمريكا. إما بوسائل عرضية للنقل أو عن طريق الأرض المتصلة قديماً، وأن جزر رأس فيردى استقبلت مستعمرين من أفريقيا، وأن أولئك المستعمرين كانوا عرضة للتكيف - وظلت القاعدة الوراثية تنم عن مساقط رؤوسهم الأصلية"(**)

من الواضح، حقاً، أن الكائنات الحية للجالاباجوس خلفاء متكيفون تطورياً لمهاجرين من أمريكا الجنوبية، وأن الصلات الواضحة لبيوتات الجزر مع بيُوتات اليابسة المتاخمة هى أحد الأسباب الكثيرة التى تجعل البيولوجيين يسلمون بحقيقة التطور. وتثبت الجزر فى النهاية أنها أماكن رائعة لكى يرى غير الخبير دليلاً على التطور. وعلى سبيل المثال هناك حيوانات كثيرة فى جزر الجالاباجوس مثل الإجوانات (جمع إجوانة -م) البرية والبحرية لا تبدى خوفاً من الناس - فى تناقض لافت للنظر مع إجوانات اليابسة الأمريكية. والسبب واضح وهو أن المفترسات البريّة لم تنجح فى الانتقال إلى الجزر وأن الطيور المفترسة صغيرة الحجم جداً بحيث أنها لا تهدد هذه

(*) أصل الأنواع، الطبعة الأولى صفحتا ٣٩٧، ٣٩٨

(**) أصل الأنواع، الطبعة الأولى صفحتا ٣٩٨، ٣٩٩

السحالى الضخمة. وبالمثل فالنباتات الأصلية فى جزر هاواى بلا دفاعات تقريباً. وهى، عموما، سامة بالنسبة لآكلات النبات بدرجة أقل من أقربائها فى اليابسة، ونباتات الفصيلة الشفوية (وأشهرها النعناع -م) فى هاواى، على سبيل المثال، تفتقر إلى الأوراق ذات الرائحة التى تدل على وجود المركبات الدفاعية. وتوت العلّيق فى هاواى عديم الأشواك. وآكلات النبات الكبيرة فى هاتين الحالتين غير موجودة فى الجزر (وإن كانت قد أدخلت حديثاً بواسطة البشر) ومن ثم كان زوال الضغط الانتخابى المبقى على الدفاعات الكيماوية أو الميكانيكية ضدها.

حيث إن العشائر فوق الجزر متميزة دوماً بدرجة أو بأخرى عن العشائر فوق الجزر الأخرى أو اليابسة فإنها تصبح، بصورة طبيعية تماماً، "معامل" لدراسة تشكل الأنواع بالانعزال. غير أنها مكان، أيضاً، لملاحظة تشكل الأنواع والانقراض. فكيف أمكن أن تكون خلاف هذا؟ تميل عشائر الجزر إلى صغر الحجم، كما أن كائناتها الحية ليست لديها الفرصة غالباً للتطور المشترك مع مفترسات خطيرة، ومن السهل، فى أحوال كثيرة، أن تؤكل أو تُزاح عن التنافس على أيدى وافدين جدد خشنين من اليابسة.

وهكذا كانت الجزر منذ زمن طويل محل اهتمام الايكولوجيين. لكن حتى الستينيات لم يكن هناك تفسير مترابط لسبب حيازة بعض الجزر لأنواع أكثر مما فى الجزر الأخرى. فمثلاً لماذا توجد فى كوبا أنواع كثيرة من الزواحف والبرمائيات بدرجة أكبر من جزيرة سابا الكاريبية؟ ولماذا يوجد كثير من أنواع الطيور فى غينيا الجديدة (نيوغينيا) بدرجة أكبر من بالى؟ والإجابة الوحيدة الواضحة هى أن كوبا وغينيا الجديدة أكبر بكثير من سابا وبالى. فكوبا مساحتها ٤٥,٠٠٠ ميل مربع تقريباً بينما القمة البركانية الصغيرة التى تتكون منها سابا تقل عن عشرة أميال. وغينيا الجديدة تفوق مساحتها خمسين مرة مساحة بالى. ولكن هذه الإجابة هى بالفعل مجرد ترجمة للملاحظة العامة – وهى الملاحظة التى يخضعها الايكولوجيون للمعالجة الرياضية وتبدو واضحة بديهياً. وهذه الملاحظة هى أن عدد الأنواع يزداد عادة حسب المساحة المتاحة.

غير أن هذا لا يكشف لنا سبب وجود أنواع أكثر فى المساحة الأكبر كما أنه لا يفسر الاستثناءات. فمثلاً لجزر المجتمع الراقى (تاهيتى وموريا وبورا بورا...... الخ) نفس مساحة أرخبيل لويزياد تقريباً وتبعد بنفس المسافة عن رأس الجنوب الغربى لغينيا الجديدة، ومع هذا فالأخيرة بها من أنواع الطيور سبعة أضعاف الأولى. والواقع أن مساحة جزر هاواى قدر مساحة جزر لويزياد عشر مرات تقريباً، ومع هذا بها أنواع أقل من الطيور الأصلية. ويفسّر هذا التعقيد بالمواقع النسبية لجماعات الجزيرة. فكلٌ من جزر المجتمع الراقى وجزر هاواى أبعد بكثير من "اليابسة" عن جزر لويزياد.

وقد لوحظ منذ زمن طويل أن عدد الأنواع فى الجزيرة ينحدر عموماً مع ازدياد المسافة عن اليابسة. وقداعتقد منذ عهد بعيد أيضاً أنه، مع مرور وقت كاف، يختفى هذا الاختلاف كلما وجدت الأنواع، بصورة متزايدة، طريقها إلى الجزر النائية.

لكن ماك آرثر وويلسون تبنيا نهجاً مختلفاً لحد ما لتفسير التباينات فى تشكل الأنواع فوق الجزر. ونظريتهما البيوجغرافية عن الجزيرة فى مجملها نظرية بسيطة. فهما يفترضان أن عدد الأنواع الموجودة فى أية جزيرة يمكن تحديده بمعدلين متعارضين: معدل الهجرة ومعدل الانقراض.

وللمساعدة على فهم كيف يحدث هذا نسوق مثالاً بسيطا: نفترض أن جزيرة بركانية جديدة انبثقت من تحت المحيط بعيداً عن شاطئ قارة يسكنها مائة نوع من الطيور. فإن طيور اليابسة سوف تبدأ على الفور فى استعمار الجزيرة الجديدة، لكن المعدل الذى تصبح عنده الأنواع الجديدة راسخة فى الجزيرة ينخفض بالضرورة كلما زاد عدد الأنواع هناك. والسبب واضح: فعدد الأنواع الجديدة التى تستطيع أن تغزو الجزيرة من اليابسة يقل مع كل نوع نجح فى الهجرة. فى البداية يكون هناك مائة مهاجر محتمل ؛ ولذلك فإن معدلاً قدره مائة هجرة ناجحة يصبح ممكناً نظرياً. وحالما يترسخ نوع واحد فأعلى معدل للهجرات الممكنة للسنة التالية يهبط إلى ٩٩ وفى النهاية يصبح أعلى معدل سنوى ممكن صفراً لأن كل الأنواع سوف تنجح فى الهجرة.

وعلى الجانب الآخر من العملية فالمعدل الذى تنقرض الأنواع به فى الجزيرة سيكون متوقفاً أيضاً على عدد الأنواع الموجودة هناك فى ذلك الوقت. وحين تكون الجزيرة خالية تقريباً يصبح هذا المعدل منخفضاً جداً، لأن هناك أنواعاً قليلة موجودة وهى التى يمكن أن تنقرض. وحين تُعمَّر الجزيرة بأعلى رقم محتمل من الأنواع فإن معدل الانقراض يكون فى أعلى درجاته لأنه يوجد آنئذ مرشحون أكثر للانقراض. والأمر كذلك حين تكون الجزيرة ذات موارد محدودة وتكون الأنواع الموجودة بها كثيرة، فمن المرجح أن تصبح عشائرها الخاصة أصغر، ومن ثم فإنها ستتلاشى على الأرجح.

باختصار، حين تكون الجزيرة خالية نسبياً يصبح معدل الهجرة عالياً ومعدل الانقراض منخفضاً. والعكس صحيح حين تكون الجزيرة آهلة نسبياً. وعلى هذا فإنه عند نقطة معينة فيما بين أن يكون عدد الأنواع فى الجزيرة صفراً وأن يكون المائة نوع كلها، عند هذه النقطة يتحتم أن يكون المعدلان متساويين. فالمُدخل (الهجرة) يتعادل مع المُخرج (الانقراض). وعند تلك النقطة يظل عدد الأنواع فى الجزيرة ثابتاً ما دامت العوامل التى تحدد معدلى الهجرة والانقراض لم تتغير. وهذا العدد هو رقم اتزان الأنواع فى الجزيرة. بصياغة أخرى يظل عدد الممثلين كما هو ولكن بسبب التقلّب

المستمر للأنواع كأن ينقرض البعض ويحل محله آخر فإن الممثلين أنفسهم يتغيرون تدريجياً. إن فكرة اتزان التنوع الناشئ بفعل المعدلين المتعارضين للهجرة والانقراض هي نظرية ماك آرثر وويلسون البيوجغرافية عن الاتزان في الجزيرة.

والنظرية لها نتائج طبيعية مهمة. وكل أمر آخر يمضى على نفس المنوال، فالجزر الأكثر بعداً عن اليابسة ستكون لها معدلات هجرة أقل. وسيصل عدد أقل من الأنواع إلى الجزيرة في كل وحدة زمنية حتى لو كانت خالية تقريباً. وسيكون معدل الهجرة الأقل متزناً مع معدل الانقراض الأقل مثلما الحال حين يوجد عدد قليل نسبياً من الأنواع في الجزيرة. ومن ثم فمعدّلا المُدخل والمُخرج سيتوازنان عند مستوى أقل من اختلاف الأنواع في الجزيرة. ويقود استنتاج مماثل إلى التنبؤ بأن الجزر القريبة من اليابسة سيكون بها عدد أكبر من الأنواع لأن معدلات الهجرة إليها سوف تصبح أعلى، وأن الجزر الأصغر (ذات معدلات الانقراض الأعلى) سيكون بها عدد أقل من الأنواع عن الجزر الأكبر – وكل أمر يمضى دائماً على نفس المنوال.

لعلك لاحظت أن نظرية الاتزان لا تأخذ في اعتبارها التفاعلات بين الأنواع. بمعنى أن أحد افتراضاتها المبسطة هو أن علاقات التنافس وعلاقات المفترس – الفريسة والعلاقات التكافلية لا تؤثر تأثيراً ذا بال في معدلات أي من الهجرة أو الانقراض. ومن الواضح أن هذا الافتراض يبدو أحياناً وربما في أغلب الأحوال مختلاً – ولكنه، بالضبط، ذلك النوع من التبسيط الذي يجعل النظريات الرياضية وسائل مفيدة للتفكير في العالم الطبيعي وليست بالأحرى وصفاً تاماً له.

نستطيع الاعتماد على الانفجار البركاني في جزيرة كراكاتاي، الواقعة بين جاوة وسومطرة، والذي حدث في ٢٧ أغسطس ١٨٨٣، للعثور على مثال شهير يدعم نظرية الاتزان. نتيجة للثوران العنيف أبيدت تماماً فلورا وفونا جزيرة كاراكاتاي الصغيرة. والواقع أن النوافذ التي تبعد مائة ميل عن الموقع تحطمت، وقتلت أمواج المد والجزر نحو ٣٦,٠٠٠ إنسان في الجزر القريبة. وأوضحت المسوحات البيولوجية اللاحقة أن أربعة عشر نوعاً من الطيور أعادت إعمار جزيرة كاراتاكاي بحلول عام ١٩٠٨، وأن ستين نوعاً وجدت فيما بين عامي ١٩١٩، ١٩٢١، وأن أربعة وستين نوعاً وجدت بين عامي ١٩٣٢، ١٩٣٤ لم يهبط معدل الزيادة في اختلاف الأنواع وحسب كما تنبأت النظرية ، بل كلما اقتربت الجزيرة من الاتزان حدث بعض التقلب في الأنواع أيضاً. وأثناء الخمسين سنة منذ تلك الإحصاءات أصبح ٧١ نوعاً من الطيور موجوداً بالفعل غير أن سبعة منها انقرضت من جديد.

أخضع ويلسون وتلميذه دان سمبرلوف النظرية البيوجغرافية عن الجزيرة لاختبار آخر في أحد أكثر سلاسل التجارب الميدانية شهرة والتي لم يُجر مثلها على الإطلاق في الايكولوجيا. فقد استأجرا معدات خاصة لوضع خيام فوق جزيرات (لأنها صغيرة تماماً) منجروف (أشجار ذات جذور هوائية –م) كاملة في جزر فلوريدا المنخفضة

وابتكرا جزراً كراكاتايية صغيرة باستخدام غاز بروميد الميثيل وذلك من زاوية نظر الحشرات المستوطنة. وراقبا بعدئذ بعناية الجزر المنزوع منها كل الحيوانات (لم تضار أشجار المنجروف والنباتات الأخرى) وسجلا عودة الحشرات والعناكب والحلم ومفصليات أخرى. وقد استلزم الأمر أقل من عام لعودة الجزر الكراكاتايية الصغيرة إلى الاختلاف فى أنواعها - وحدث هذا بطريقة مشوقة. فالحيوانات اتجهت إلى تجاوز حدود العدد الأصلى لأنواعها ثم انخفضت بعدئذ إلى مقدار الاتزان. إن نتائج تجارب الجزر هذه تطابقت مع بعض التنبؤات الأكثر أهمية المستمدة من النظرية.

توسعت النظرية البيوجغرافية عن الجزيرة إلى درجة أكبر بكثير من الصيغة البسيطة المطروحة هنا. فأجرى بحث فى شكل المنحنيات التى تحدد وضع المعدلين عند اختلاف الأنواع فى الجزيرة وما يحدث حين تتجمع الجزر معاً. وطبقت النظرية أيضاً فى كل مكان على مشاكل تتراوح من محاولات فهم تنوع أنواع الحشرات الآكلة للنبات التى تتغذى على نبات بعينه (باعتباره أن النبات مثل "جزيرة") إلى بحث فونات قارات كاملة تستبدل معدلات تشكل الأنواع فيها بمعدلات الهجرة، وينظر إلى الاختلاف الجارى فيها كتعبير عن الاتزان بين تشكل الأنواع والانقراض.

وجرت بعض التطبيقات الأكثر أهمية فى فرع معرفى جديد مزدهر من علم البيئة يسمى بيولوجيا الوقاية، وبخاصة فى المشكلة المعروفة باسم "التجزّر". فمع العشائر البشرية المتنامية والنشاطات التى تدمر المواطن تصبح المساحات الباقية المأهولة بمجتمعات غير مضطربة بدرجة أو بأخرى شبيهة بصورة متزايدة بجزر فى بحر اضطراب. ولعدة أسباب يفضى هذا التجزر حتماً إلى فقدان التنوع. ولنفترض أن عدة أراض احتياطية صغيرة كانت مدخرة فى مساحة كبيرة من غابة وأنه فيما بعد قطعت أشجار أجزاء الغابة المحيطة بالأراضى الاحتياطية. حينئذ سيُفقد بعض الأنواع عرضاً وببساطة لأنه فى وقت قطع الأشجار لم يكن هناك أية أفراد من تلك الأنواع فى الأراضى الاحتياطية (الاحتياطيات). وسيُفقد آخرون لأن فريسة من نوع حيوى أو متكافل رئيسى أُقصى عرضاً أو لأن الأرض الاحتياطية لم تكن كبيرة بدرجة تكفى للوفاء بمطالبهما الإقليمية أو احتياجاتهما الأخرى من الموارد.

لكن بمرور الوقت قد تفقد الأرض الاحتياطية، أيضاً، بعض الأنواع التى كانت موجودة أصلاً كعشائر قابلة للنمو. والسبب توضحه نظرية الجزيرة البيوجغرافية، فحين كانت الغابة بكراً كانت هجرة الأفراد من مكان إلى آخر فى داخلها غير مقيدة نسبياً. وحين جزّئت الغابة أصبحت الهجرة بين الاحتياطيات المعزولة الناشئة متكررة بدرجة أقل. وغدا بعض الأنواع غير قادرة جسدياً على عبور الحواجز فى الأرض المنزوعة الأشجار، أما الآخرون القادرون جسدياً على العبور والمتضمنين كثيراً من الطيور والفراشات فإنهم ببساطة لم يفعلوا ذلك. وهكذا فالهجرة بين الاحتياطيات تقل كثيراً بمجرد أن تصبح تلك الاحتياطات معزولة.

وفى المقابل ترتفع معدلات الانقراض. وتصبح أحجام عشائر كثير من الأنواع أقل بعد الانعزال لأن كمية المواطن الملائمة لها تنخفض. والسبب فى هذا أن عشائر تلك الأنواع شغلت من قبل موطن داخل وخارج الاحتياطيات، أو أن جزءاً من الأرض الاحتياطية كان فى وقت ما مطوقاً بمساحة أكبر من الغابة وأصبح الآن على حافتها – وهو موطن غير ملائم بالنسبة لكثير من أنواع الغابة. وكما تتذكر فالعشائر الأصغر تكون عرضة للانقراض بدرجة أكبر. وطبقاً لنظرية الاتزان لو اختزلت معدلات الهجرة أو زيدت معدلات الانقراض فإن رقم الاتزان ينخفض أو "يتراخى" إلى رقم اتزان جديد أقل. وحين يحدث الاثنان معاً فإن عدد الأنواع الموجودة ينخفض أيضاً إلى حد أبعد – بالنسبة للحيوانات قد يحدث ما يسمى انهيار الفونا.

لسوء الحظ ليس هذا كل النظرية بالتمام. فأحد أوائل الخريجين من طلابى وهو ميخائيل سولى وأحد تلاميذه وهو بروس ويلكوكس كانا أوّل النشيطين فى حقل بيولوجيا الوقاية (بروس، الآن، المدير التنفيذى لمركز ستانفورد لبيولوجيا الوقاية)، وقد انخرطا بشدة فى موضوع علاقة انهيار الفونا بمشاكل تصميم الأراضى الاحتياطية فى الطبيعة. ولكى يفهما العملية الأساسية حلّلا استرخاء فونا ثدييات اليابسة فى رصيف سَنْدَا القارى بجنوب شرق آسيا. فعندما ذابت الأنهار الجليدية لعصر البلستوسين منذ عشرة آلاف سنة تقريباً ارتفع مستوى سطح البحر مجزئاً اليابسة على الرصيف إلى جزر بورنيو وسومطرة وجاوه وكثير من الجزر الأصغر مساحة، وانعزلت جميعها عن يابسة ماليزيا التى كانت متصلة بها من قبل.

وتشير الأدلة الحفرية إلى أنه، فى وقت ما، كانت كل من الجزر الأكبر حجماً لها نفس الفونا الموجودة فى اليابسة، ولا يزال الأمر كذلك اليوم فى جزر سومطرة وجاوه وبورنيو مجتمعة. ولكن كل جزيرة تفتقد الآن بعض الأنواع. فسومطرة تفتقر إلى البانتنج (ثور وحشى) والفهد، فى حين أن ستة أنواع موجودة فى سومطرة وهى وحيد القرن (الكركدن) السومطرى، والفيل الهندى، وتابير الملايو، ودب الملايو، والجبّون السميانجىّ، وإنسان الغاب (أورانج أوتان)، مفتقدة فى بورنيو. تشير هذه الافتقادات جميعها إلى أن فونا كل جزيرة "تراخت" بشدة منذ أصبحت معزولة، وأن معدلات الهجرة الأقل ومعدلات الانقراض الأعلى خفّضا رقم اتزان الأنواع.

وقد استخدم مايك وبروس وزميلتهما كليرهولتباى هذه المعلومات حول مصير فونا الثدييات فى "احتياطيات" الجزيرة المتكونة طبيعياً على رصيف سَنْدا للتنبؤ بالمصير المحتمل لثدييات كبيرة "محمية" الآن فى أفريقيا. وطبقوا العلاقات بين الانحدار فى تنوع الأنواع وحجم الجزيرة فى رصيف سنْدا على تسع عشرة حديقة قومية فى شرق أفريقيا وأراض احتياطية مخصصة للصيد ثم تنبأوا بسياق الاسترخاء الفونائى هناك. ولم تكن نتائجهم مشجعة. فبعد أن أصبحت الاحتياطيات معزولة تماماً عن المواطن

الطبيعية الأخرى تكهنوا بأن الأرض الاحتياطية ذات مساحة ٢,٥٠٠ ميل مربع سوف تفقد ١١ ٠/٠ من حيواناتها فى خمسين عاماً، ٤٤ ٠/٠ فى خمسمائة عام، ٧٧ ٠/٠ فى خمسة آلاف عام. أما الحدائق الأصغر فسوف تعانى خسائر مثيرة بدرجة أكبر.

لسنا فى حاجة إلى ذكر أن هناك كثيراً من الشكوك فى تلك التقديرات، غير أنها أفضل ما قدم حتى الآن. والواقع أن بحثاً آخر يشير إلى أن كثيراً من عشائر الحيوانات الضخمة (ميجافُونا) فى الحدائق القومية الأفريقية (والأمريكية) صغير أكثر مما ينبغى، وهو ما يقلل فرصة وجودها لزمن طويل. وهذا يعنى أنه حتى لو حُرست المحميات بعناية فإن كثيراً من الفونا الأفريقية المدهشة سوف تختفى فى المستقبل غير البعيد جداً. وفى الجانب الإيجابى يستطيع الناس أن ينقلوا الحيوانات من حديقة قومية إلى أخرى، لإعادة تأسيس بعض ما أخذ فى الانقراض من الحيوانات فى حديقة ما بمهاجرين من حديقة أخرى. وسيؤخر هذا عملية الانقراض - ولو أنه من المحتمل أن يقيد، علاوة على ذلك، إمكانيات التطور المستقبلى للفونا عن طريق إبطاء معدل تشكل الأنوا ع.

أما فى الجانب السلبى فبديهى أن معظم الحدائق الأفريقية المفتوحة مهددة الآن بانتهاك حرمتها وبالتعدى عليها وبالتخريب التام طالما أن العشائر البشرية المحيطة بها تنمو بمعدلات تتراوح بين ٣ ٠/٠، ٤ ٠/٠ فى السنة - لهذا فانقراض الحيوانات الكبيرة (ميجافونا) الأفريقية قد يحدث بسرعة أكبر بكثير مما تتنبأ به النظرية.

غير أن المزيد من الفونات واقع تحت الخطر بدرجة أكبر من الفونا الأفريقية المشهدية. وثمة سؤال مهم بالنسبة للايكولوجيين خاصة وللإنسانية عامة وهو لماذا ستختفى وبسرعة الثروات البيولوجية الهائلة للغابات الاستوائية المطيرة، ولماذا تُجزأ هذه الغابات بصورة متزايدة. والإجابة بحث عنها رأساً توماس لَفْجوى المدير العلمى للصندوق الدولى للحياة البرية **(WWF)** والذى نظم تجربة مثيرة لجزيرة بيوجغرافية قرب مانوس فى البرازيل. والتجربة مشروع مشترك بين **(WWF)** والمعهد القومى البرازيلى لبحوث الأمازون **(INPA)** ومشروع "الحد الأدنى الحرج للنظم البيئية" هو أحد أكثر الأبحاث البيئية طموحاً، ولم يُجر مثله، وهو أيضاً أحد الأبحاث المهمة لأبعد حد. ومن بين أشياء أخرى فهو يحصى المجتمعات المختلفة فى رقع من غابة مطيرة، قبل وبعد انعزالها بفعل قطع أشجار الغابة، ويجمع مجموعة معلومات لن تختبر فقط مختلف أوجه نظرية الاتزان بل ستكون ثمينة أيضاً فى توفير خطط مرشدة لترسيخ الأراضى الاحتياطية فى الغابة. ويمنح المشروع عناية خاصة للطيور والثدييات والفراشات والنمل والنباتات.

كسب الفريق البرازيلي، الذى يرأسه توم وهربرت شوبارت من INPA، تعاون بعض الشركات البرازيلية الضخمة لزيادة إنتاج الماشية، وهى الشركات المطالبة بموجب القانون بترك جزء من أرضها فى الغابة كمرعى فارغ. وأقنع توم الشركات بتنظيم المساحات المتروكة غير المقلّقة لتكوين سلسلة من الرقع المربعة تتراوح مساحتها من ٢,٥ فدان إلى ٢٠,٠٠٠ فدان تقريباً (حوالى ٣٠ ميلاً مربعاً). وفى معظم الرقع يترك أكثر من "أرض احتياطية" واحدة، وبذلك يمكن جمع معلومات عن اتساق مصير الفونات فى بواقى الغابة المتماثلة فى المساحة.

كانت تكاليف المشروع مروعة. فقد تطلب التنسيق مع شركات الماشية وشركات التغذية والإيواء، ونقل عشرات من العمال. وكان على العاملين فى الأبحاث داخل المشروع أن يكافحوا مرضاً ينشأ عن حيوان أولى خطير جداً (وهو الليشمانيا الجلدية الأمريكية)، وأن يتعرضوا للحوادث، وأن يقفوا مرة واحدة على الأقل فى مواجهة مروعة – وإن كانت المواجهة فى النهاية غير مؤذية – مع زوج من اليغاور (جمع يَغْور: نمر أمريكى –م) وصغيرهما.

ورغم كل المشاكل حدث تقدم كبير – وأمكن الحصول على النتائج الآن بعد أعوام قليلة فقط، وإن كانت الإجابات عن الأسئلة المتعلقة بنظرية الاتزان لا تزال رهن المستقبل. وتشير الدراسات الأولية إلى أن الأفواج المختلطة الأنواع من الطيور آكلة الحشرات وقسماً مهماً من مجتمعات الطيور الأمازونية حسّاسة بصورة خاصة لتشظّى الغابة، وأن الأرض الاحتياطية سوف يُسلِّم بحتمية أن تكون واسعة تماماً من أجل حمايتها. ويبدو أن مشاكل المحافظة على الغابة الأمازونية بعيدة عن معظم الأمريكيين. ولكن القلق يتنامى لدى البيولوجيين من أن الانحدارات الملحوظة حديثاً فى عشائر معينة من الطيور المغرِّدة الأمريكية الشمالية المهاجرة ناشئة جزئياً عن تدمير الموطن فى المناطق الاستوائية بأمريكا اللاتينية. فتلك الطيور تقضى الشتاء هناك كأعضاء فى أشكال مجتمعات مثل التى يدرسها فريق INPA ، WWF

يقود مركزنا لبيولوجيا الوقاية بجامعة ستانفورد، الآن، دراسة تحت رئاسة بروس ويلكوكس لها أهداف شبيهة بأهداف مشروع WWF- INPAفى الأمازون، ولكن بتخطيط مختلف وفى بيئة مختلفة تماماً. وبديلاً عن العمل على بيوجغرافيا شظايا غابة استوائية فإننا ندرس بيوجغرافيا الجزيرة فيما يتعلق بفراشات فوق جبال فى الحوض الكبير– وهى منطقة يقع معظمها فى نيفادا وأُوتاه، وعلى خلاف معظم باقى الولايات المتحدة ليس بها مصارف مياه إلى البحر. وأوحت لنا بالمشروع انحدارات أحجام وحدات جاسبر ريدج الديموجرافية من فراشة الخليج الشطرنجية أثناء الجفاف فى كاليفورنيا. وهذه الانحدارات جعلت الأمر يبدو وكأن حكر جاسبر ريدج أصغر من أن

يدعم ذلك النوع على المدى الطويل. إن الخطر الواضح المحدق بفراشة الخليج الشطرنجية أقرّ فى نفوسنا الحاجة إلى معلومات أكثر عن بيوجغرافيا الحشرات، وإلى معلومات أكثر وثيقة الصلة بموضوع تصميم الاحتياطات. كيف يمكن، بطريقة أخرى، تحقيق تقدم فى اتجاه المحافظة على عناصر بَيُوتا الكرة الأرضية المشهدية بدرجة أقل من الأفيال والأبقار الوحشية - وهى العناصر التى تشمل الحشرات وكثير من اللافقاريات الأخرى والنباتات العشبية وهلم جرا؟

إن الحوض الكبير هضبة ضخمة ينبثق منها أكثر من مائتى سلسلة جبال معزولة. وثلاثون تقريباً من تلك السلاسل ذات قمم تعلو إلى أكثر من ٩,٠٠٠ قدم، وأرضية الحوض عند ارتفاع ٥,٠٠٠ قدم إلى ٦,٠٠٠ قدم صحراء، ولكن عند ارتفاع ٧,٥٠٠ قدم أو نحو ذلك تدعم السلاسل الجبلية مناطق مروج وغابات - إنها من حيث الجوهر "جزر" ذات مواطن رطبة فى "بحر" من الصحراء. وثمة دليل كبير، مع ذلك، على أن الموقع لم يكن هكذا دائماً. فمنذ ١٠,٠٠٠ سنة تقريباً حين كان الكثير من مياه الكرة الأرضية لا يزال مقيداً فى أنهار جليدية (وكان سطح البحر منخفضاً لحد كبير، حتى أن جزر رصيف سندا القارى الموجودة الآن فى جنوب شرق آسيا كانت متصلة باليابسة)، وكان مناخ الحوض الكبير بكامله أشد برودة وأكثر ابتلالاً ولم يكن يخلو مكان من موطن رطب. وبعدئذ عندما تسبب الماء الناتج عن ذوبان الأنهار الجليدية فى ارتفاع سطح البحر أصبح مناخ الحوض الكبير أكثر جفافاً وأنتج "الجزر" الموطن فوق سلاسل الجبال - وهى عملية مشابهة لتشظّى الموطن المتصل من قبل بفعل الأنشطة البشرية.

وجزر سلسلة الجبال ذات مساحات كثيرة مختلفة وعلى أبعاد كثيرة مختلفة من "اليابستين" وهما الجبال الصخرية وجبال سييرا نيفادا. ومن حسن حظ المشروع أن البيوجغرافيا الخاصة بثدييات وطيور بعض السلاسل الصخرية بحثت من قبل، وهى توفر مقارنة فورية مع دراساتنا على الفراشات والنباتات. وقد جمعنا معلوماتنا فى أربعة أصياف مبقين على ثلاث فرق بحثية فى المتوسط (كل منها مكون من ثلاثة إلى خمسة أفراد) عند الحوض كل صيف. ولم تكن لدى فرق البحث مشاكل مع الليشمانيا أو اليغاور غير أنها كانت تعانى من اضطرابات قليلة فى الجهاز الهضمى (تظهر بعض الطفيليات الغريبة فى مياه الحوض) ومن الرؤية العابرة للحية المجلجلة.

أوضح بحث سابق لجيمس براون بجامعة أريزونا فى تكسون أن فونات الثدييات الصغيرة لسلاسل الجبال لم تكن فى حالة الاتزان بل كانت، حتى بعد آلاف السنين من الانعزال، لا تزال مسترخية. و"الجزر" معزولة لحد بعيد حتى أن معدلات هجرتها لا شيء تقريباً، ونتيجة لذلك تتلاشى مجتمعاتها من الثدييات الصغيرة تدريجياً باتجاه

مقدار الصفر فى تنوع الأنواع. وكما يتوقع المرء (لأن الانقراض يحدث مراراً وبدرجة كبيرة فى الجزر الأصغر) فإن سلاسل الجبال الأصغر مساحة لديها القليل جداً من أنواع الثدييات المتبقية، فى حين أن السلاسل الكبيرة لديها مقدار أكبر بكثير.

والطيور، فى المقابل، تهاجر إلى الجزر بمعدل عال جداً، ولا عجب فى أن السلاسل الجبلية الصغيرة للغاية لديها، تقريباً، الكثير من الأنواع مثلها مثل السلاسل الجبلية الكبيرة جداً، حيث تستبدل الأنواع التى تنقرض بسرعة. وبهذا فإن فونا الطيور لم تخضع لانحدار قاس مثلما حدث لفونا الثدييات الصغيرة. ولكن كما أوضح براون تبدو عشائر الطيور مختلفة نوعاً ما عما اقترحت النظرية. فضلاً عن أن المهاجرين الناجحين هم انتخاب عشوائى من الحوض المتاح، ومن المحتمل أنهم فى معظم الحالات أعضاء فى نفس الأنواع التى انقرضت تماماً، وهم يجيئون وينسجمون مع الموطن ومع دور أسلافهم. كل سلسلة تقريباً تتلقى باستمرار سيلاً من الطيور المهاجرة الممثلة لحوض اليابسة بكامله، وتبقى كل المواطن لأى سلسلة مشبعة تقريباً بأنواع الطيور التى تلائمها. باختصار، كان لتشظّى الموطن الرطب المتصل القديم للحوض الكبير تأثير بدرجة أقل على تنوع الأنواع فى الطيور من تأثيره على اختلاف أنواع الثدييات الصغيرة، لأن الأجزاء المشظاه (بالنسبة للطيور) لم تكن معزولة.

أوضحت نتائجنا الأولية أن نمط تنوع الأنواع فى فراشات الحوض الكبير مشابه للنمط الموجود فى الطيور، مع أنه وفيما يبدو أن الأسباب مختلفة قليلاً. وقد اعتقدنا أن معدلات الهجرة أقل بين الفراشات من الطيور غير أن معدلات الانقراض هى أيضاً أقل. وتبدو اتزانات الفراشات فى الحوض الكبير شبيهة بدرجة أكبر بالاتزانات الموصوفة فى نظرية الجزيرة عن تشابهها مع اتزانات الطيور فى الحوض – مع مزيد من الجزر المعزولة ذات معدل هجرة أكثر انخفاضاً من جزر معزولة بدرجة اقل. وتقترح النتائج أن الاحتياطيات المعزولة سوف تفقد تنوع فراشاتها ببطء أشد من افتقادها لتنوع ثديياتها وطيورها (معدلات هجرة الفراشات أعلى بكثير من معدلات هجرة الثدييات، ومعدلات انقراضها أقل بكثير من معدلات انقراض الطيور) ولكنها سوف تفقده حتماً.

لاكتساب مزيد من الإدراك عما يتحكم فى أعداد أنواع الفراشات فى سلسلة جبال معينة ندرس الآن توزيع الأنواع المختلفة من المواطن والنباتات المغذية لليرقات داخل نطاق السلاسل، وخاصة فيما بين وديان المجارى المائية المختلفة فى نفس السلسلة، وهى الوديان التى تبدو متشابهة مع الجزر الصغيرة فى الأرخبيلات والقابلة بالتالى للتحليل اعتماداً على الخبرة السابقة بنظرية الاتزان.

وفرت النظرية البيوجغرافية المتعلقة بالجزيرة ما يلزم الحافز الأساسى لتلك الدراسات ولكثير غيرها. غير أن النظرية أيضاً، وكما يتوقع المرء، مثيرة للجدال. والواقع أن دان سمبرلوف ذاته كان أحد منتقديها، وهو الذى قام مع إيد ويلسون بالبحث الرائد فى البيوجغرافيا على جزيرات المنجروف. وتشكك الباحثون، من بين مسائل أخرى، فيما إذا كان هناك وقت بالفعل بالنسبة للأنواع حتى تنحو نحو الاتزان. ففى مواضع كثيرة قد يكون معدل التحول بطيئاً للغاية حيث أن هناك ببساطة اتجاهاً عاماً للزيادة أو النقصان فى تنوع الأنواع عبر الزمن الجيولوجى. وفى حالات كثيرة تصبح النظرية صعبة فى التطبيق لأن مصدر اليابسة للبيوتا من الصعب تعيينه (وهذه مشكلة موجودة فى الأرخبيلات بدرجة أكبر من وجودها فى الجزر المنفردة الخارجة عن اليابسة). إن مساحة جزيرة ما، والتى حسب النظرية مقياس لقدرة حملها، هذه المساحة هى فى أحسن الأحوال مقياس غير مباشر.

بسبب تلك النقطة الأخيرة، فى الغالب، تشكك سمبرلوف فى تطبيق نظرية الاتزان على مشاكل فى بيولوجيا الوقاية. واقترح أن المواطن والبِيُوتات تتجاهل عادة التأثيرات البسيطة للمساحة وتصبح هى العوامل الحاسمة فى تحديد ما هو النوع الذى يمكن حمايته وفى أى احتياطى من الأرض. وعلى سبيل المثال تدعم النظرية عموماً الرأى القائل أن الأراضى الاحتياطية ينبغى أن تكون كبيرة قدر الإمكان، ويمضى كل أمر على نفس المنوال. ولكن مهما كانت الأراضى الاحتياطية فإنها إن لم تشتمل على عشائر من النباتات الخاصة كغذاء فلن تدعم عشيرة من فراشات الخليج الشطرنجية، بينما قد تفعل ذلك أرض احتياطية صغيرة نسبياً. ولكن غنى عن القول أن حجر الزاوية هو "كل أمر يمضى على نفس المنوال" - وأنا أعتقد مع وجود ذلك القيد فى ذهنى أن الاستنتاج النظرى القائل إن الأراضى الاحتياطية ينبغى أن تكون كبيرة قدر الإمكان هو استنتاج صحيح.

كان التطورىّ البريطانى ديفيد لاك، الذى اشتهر بأبحاثه الرائدة على عصافير داروين فى جزر الجالاباجوس، ناقداً لحوحاً لنظرية الاتزان. اختلف لاك مع ماك أرثر حول سبب احتواء الجزر البعيدة على مجتمعات نباتية وحيوانية مُفْقَرة. واعتبر أن ندرة المفترسات فى الجزيرة سهّل تطور مجتمعات الأنواع غير المتخصصة نسبياً (وهى الأنواع التى تستطيع الاستمرار فى مدى واسع من الظروف الطبيعية، واستخدام تشكيلة من الموارد). واعتقد أن تلك الأنواع كانت قادرة على مقاومة الغزو بأنواع متخصصة لحد بعيد. وآمن بأن الطيور، على الأقل، تستطيع الوصول إلى الجزر بسهولة تقريباً مثلما تصل إلى بقع أخرى كمواطنَ طالما أن البعد عن اليابسة يؤثر فى الفونا تأثيراً ثانوياً وأن الانقراض كان نادراً تماماً.

ويتفق ماك آرثر مع لاك على أن مجتمعات الجزر النائية المفقرة إيكولوجياً قاومت الغزو، ولكن لديه ثقة أقل فى سهولة الانتشار. وقد اعتقد أن العدد المنخفض للأنواع فى الجزر النائية يفسّر مبدئياً بنظرية الاتزان، وأن البعد عن اليابسة عنصر مهم فى ذلك.

بصرف النظر عن القرار النهائى فى تلك الجدالات فإن نظرية ماك آرثر وويلسون يمكن أن تصلح كمثال على فائدة نظرية رياضية جيدة فى علم البيئة. وقد عبر لاك ذاته عن قيمتها بصورة طيبة جداً حين كتب فى الفصل الأول من كتابه بيولوجيا الجزيرة (الصادر من جامعة كاليفورنيا عام ١٩٧٦) ما يلى: بينما أختلف هنا بصورة جوهرية عن ماك أرثر وويلسون فإن إعادة تقييمهما الأصيل لـ"بيوجغرافيا الجزيرة" أعاد إحياء موضوع من المفترض أنه ميت، وقد أعدت قراءة كتابهما الصغير عام ١٩٦٧ مرات أكثر من أى كتاب آخر فى البيولوجيا لأنى مازلت أجد فيه استبصارات بيولوجية جديدة وكاشفة لأبعد حدّ.

تعنى البيوجغرافيا فى المقام الأول بتوزيع أشكال الحياة فى الماضى والحاضر، ولكن وكما رأينا فإنها تستطيع التحدث عن توزيعات المستقبل أيضاً (كمثال تنبؤاتها المتعلقة بالاسترخاء فى الجزيرة). والواقع أنه استناداً إلى ما هو معروف فى علم البيئة عموماً والبيوجغرافيا خصوصاً يستطيع المرء تكوين بعض التكهنات القوية حول طبيعة البيوتا فى المستقبل. فمثلاً ما لم تتبدل الاتجاهات الحالية فإن بيُوتا الكرة الأرضية سوف تصبح عاجلاً أقل تنوعاً بدرجة أكبر مما هى الآن، وبحلول عام ٢١٠٠ سوف يصبح أكثر من نصف أنواع النباتات والحيوانات الموجودة الآن منقرضاً. وقد تكون عواقب وباء الانقراض هذا على البشرية فاجعة. فنقص التنوع لن يؤثر على كل المجتمعات بصورة متساوية، ذلك أن المناطق الاستوائية بثرائها غير المتجانس سوف تعانى خسائر غير متجانسة.

التكهن الثانى هو أنه إذا كانت الحضارة قادرة على الوجود فى مواجهة تلك الخسائر والمتاعب المصاحبة لها، فمن المؤكد أنه بحلول نهاية القرن القادم سوف يبقى القليل جداً من المجتمعات "على صورته الطبيعية" بأى معنى لكلمة الطبيعية. وسيتحول المزيد من أرض الكوكب، حتماً، إلى نظم بيئية زراعية بسيطة فى الصراع من أجل إطعام العشائر البشرية المتزايدة بسرعة. واحدى النتائج المترتبة على ذلك هى أن الإنسان المدرك سيكون مضطراً بهمة وبصورة متزايدة إلى تدبير المجال الحيوى للمحافظة على ما خلّفه التنوع، فالحياة البرية سوف "تستبدل" بالأراضى الاحتياطية والحدائق المفتوحة وحدائق الحيوان والحدائق النباتية. ومن ثم فهل سيتعلم الايكولوجيون بدرجة كافية ما يتعلق بخواص المجتمعات الطبيعية، وبما يسمح لهم أن يديروا مجتمعات غير طبيعية بنجاح – هذا هو الشيء الذى لم يتضح بعد.

الفصل السادس

# من الذين يعيشون معاً؟ وكيف يعيشون؟

## إيكولوجيا المجتمعات

فى الجزء الشمالى من الحاجز المرجانى الاسترالى الكبير يعيش ما يربو على ألفى نوع من الأسماك معاً. وفى بضعة أميال مربعة من الغابات المطيرة البرازيلية يطير ٧٠٠ نوعٍ من الفراشات (وهو تقريباً العدد الذى يظهر فى كل أمريكا الشمالية شمالى المكسيك) بين مئات الأنواع من الأشجار. ويتناسل نحو ١,٤٠٠ نوع من الطيور فى كولومبيا ذات المساحة الأقل من ١/١٦ من مساحة أمريكا الشمالية (التى يوجد بها حوالى ٦٥٠ نوعاً فقط من الطيور المتزاوجة) وتعيل حديقة سيرينجيتى القومية فى تنزانيا ٢٤ نوعاً مختلفاً من التياتل والغزلان والجاموس (وكلها أعضاء فى نفس العائلة التصنيفية كماشية أليفة) ويشيع حوالى ٤٠٠ نوع متميز من الطيور البهجة فى المنظر الطبيعى. إن ما يربو على ٣٠ مليون نوع من المفصليات تزحف وتثب وتطير فى المناطق الاستوائية – وربما تشكل الخنافس ربعهم! (حين سأل أحد رجال الدين البيولوجى الإنجليزى الكبير ج.ب.س هالدين عما يمكن استخلاصه عن الخالق من الدراسات على المخلوقات، اشتهرت عنه إجابته القائلة: "إن لديه حتماً ولعاً شديداً بالخنافس"). ومع أن النباتات الزهرية ليست منتشرة مثل الحيوانات أو حتى مثل الخنافس فلديها أكثر من ربع مليون نوع معروف. ومجمل القول إن كثرة من أنواع أخرى من الكائنات الحية تتقاسم معنا الكرة الأرضية ،وإن تنوّع الأنواع التى تعيش معاً يتفاوت بدرجة كبيرة من منطقة إلى أخرى.

يشكل التوصل إلى تفسيرات لأنماط التنوع (أى الأعداد المتفاوتة) فى المجتمعات الطبيعية تحدياً مثبطا لهمة الايكولوجيين. ونظرية الجزيرة البيوجغرافية خدشت بالكاد سطح المشكلة. فهى لا تستطيع معالجة كثير من القضايا التى يطرحها التنوع مثل: لماذا يوجد عدد مختلف من نوع الطائر المغرد فى رقعتين مساحة كل منهما فدان واحد من الخمائل، تقعان على نفس المسافة من الغابة؟ ولماذا يوجد الكثير جداً من أنواع الفراشات والأشجار (والحق من معظم أنواع الكائنات الحية) فى المناطق الاستوائية بدرجة أكبر من وجودها فى المناطق المعتدلة؟ لماذا يوجد عدد أكثر مما ينبغى من أنواع الخنافس؟ وهل تستطيع الأنواع التى تؤدى نفس الدور بالضبط التعايش فى مجتمع بصورة دائمة تقريباً؟

سوف نرى أنه قد تم التوصل إلى إجابات جزئية عن بعض هذه الأسئلة. ويبرز أثر الراحل روبرت ماك أرثر فى فك هذه التعقيدات المتعلقة بايكولوجيا المجتمعات. فقد ترك الرجل علامة لا تمحى فى هذا الفرع من علم البيئة، وهو الفرع الذى يحاول تفسير التوافيق المميزة القائمة للأنواع التى تعيش معاً فى مواطن مختلفة.

فى الخمسينيات كان حقل إيكولوجيا المجتمعات راكدا. وكان الايكولوجيون قد عرفوا أن تعقد المجتمعات يختلف من مكان إلى آخر. فبعض المجتمعات تحوى أعداداً كبيرة من الأنواع بينما تحوى مجتمعات أخرى أعداداً قليلة نسبياً. وعرفوا أيضاً أنه عقب الاختلال يتجه المجتمع الأصلى غالباً إلى تجديد نفسه - فإذا قطعت غابة وحولت إلى مزرعة، ثم أهملت المزرعة بعدئذ فعادة ما تنشأ بالفعل غابة شبيهة جداً بالغابة الأصلية. وبالإضافة إلى هذا فإن الأبحاث فى النصف الأول من هذا القرن، والتى تمت على أيدى الايكولوجيين الرواد مثل الإنجليزى تشارلز إيلتون كشفت بعض الأنماط العامة للمجتمعات - على سبيل المثال أظهرت أن أنواعاً استثنائية من الكائنات الحية وجدت فى المجتمعات البيولوجية للنطاقات المناخية الاستثنائية. وتراكم مقدار هائل من الأدبيات التى تصف المجتمعات وتم توثيق التنافس بين النباتات، وأصبح لدى الطبيعيين تلمّساً ممتازاً لكيفية ترافق الكائنات الحية مع بعضها البعض. لكن الأساليب الكمية والمناهج القابلة للتكرار لم تكن موجودة للتنبؤ بعدد الأنواع فى الترافق وبالكائنات الحية التى يحتمل وجودها فيه. وعند منتصف القرن كان هناك نقص فى الفرضيات الجديدة واختبار الفرضيات، وذلك نتيجة الفهم المحدود لما هو مثير فى إيكولوجيا المجتمعات.

بعدئذ وفى هذا الاتجاه جاء ماك أرثر بسلسلة من الأفكار المحفزة والجدالية. ومن بين تلك الأفكار اقتراحه نموذج بسيط لوصف أنماط الوفرة النسبية لأنواع الطيور، وتطويره لنظرية تفسر كم من الأنواع يستطيع أن يعيش على مجموعة معينة من الموارد، بالإضافة إلى فحصه روابط السلاسل الغذائية لتبين ما إذا كانت قادرة على توفير أساس للتكهن باستقرار المجتمعات. وفى كل الحالات وكما هو الحال فى النظرية البيوجغرافية عن الجزيرة (التى جاءت متأخرة بالفعل فى مسيرته) حاول ماك آرثر أن يخترق تعقيدات المجتمعات البيولوجية للتوصل إلى القواعد الأساسية التى تفسر خواصها.

لم تعد إيكولوجيا المجتمعات على نفس الحال منذ ذلك الحين. فسرعان ما اكتسب ماك أرثر أنصاراً، استمروا فى الأبحاث على منواله كما اكتسب أيضاً نقاداً (ادعوا فيما بين أشياء أخرى) أنه كان يبسط الأمور تبسيطاً مخلا. والجدال مستمر منذ ذلك الوقت، وقد أشرت من قبل إلى خيبة أمل سمبرلوف فى النظرية البيوجغرافية عن

الجزيرة. والطلاب الذين يعرفون روبرت ماك أرثر من خلال الكتب المدرسية فى علم البيئة وحسب يميلون إلى الاعتقاد بأنه عالم رياضيات. أما أمثالنا المحظوظون بالتعرف عليه شخصياً فإنهم يميلون إلى اعتباره عالم تاريخى طبيعى ومراقب طيور ذا موهبة غير عادية فيما يتعلق باكتساب استبصارات فى النظم المعقدة. غير أن استبصاراته (وحتى آراءه الأحدث) كانت أخطاء قاتلة أحياناً. ولكن الأسلوب المؤكد الذى اتبعه فى علم البيئة كان إسهامه الرئيسى، ربما وفى معظم الأحوال، أكثر من نتائجه الكيسة والضليعة.

وعلى الرغم من أن ايكولوجيا المجتمعات كان فى حالة ركود فى الخمسينيات إلا أن ايكولوجيا العشائر (الذى يعنى بعشائر النوع الواحد) لم يكن كذلك - وكان التأسيس على مستوى العشيرة شرطاً لإقامة صرح ايكولوجيا المجتمعات. وبعدئذ (وكما هو الحال الآن) فإن تفسير وجود كل نوع من النبات أو الحيوان فى مكان بعينه، وتفسير لم تصبح أفراد بعض الأنواع أكثر بكثير من غيرها، هذان التفسيران اعتبرا من المهام الرئيسية لعلم البيئة. والواقع أن الكتاب الكلاسيكى لعام ١٩٥٤ فى ايكولوجيا العشائر هو "توزيع ووفرة الحيوانات" **"The Distribution and Abundance of Animals"** (الصادر عن جامعة شيكاغو) وهو من تأليف الاستراليين هـ.ج. اندروارثا وتشارلز بيرش.

أنت تعلم الآن أن بعض التفسيرات المتعلقة بتوزيع ووفرة الكائنات الحية تكمن فى تغاير الخواص الطبيعية لبيئات الكرة الأرضية وتاريخها. فالأسماك لا توجد بعيداً عن المياه، والثدييات ذات الأغطية الطبيعية الثقيلة مثل الفراء الأبيض وطبقات الدهون العازلة تحت جلودها ليست من سكان الغابات المطيرة الاستوائية، والبطاريق لا تزال محصورة داخل مناطق المياه الباردة فى نصف الكرة الجنوبى. لو أن ذلك هو كل الموضوع لكان عمل ايكولوجى المجتمعات بسيطاً حقاً - مجرد خليط من عمل الايكولوجيين الفسيولوجيين (لشرح ما هى الكائنات الحية التى تستطيع العيش فى مجموعة محددة من الظروف الطبيعية) وعمل البيوجغرافيين التاريخيين (لتحديد ما هى الكائنات التى لديها وسائل للوصول إلى الأماكن التى بها تلك الظروف).

لكن الأمور ليست بتلك البساطة. فقد حدد أندروارثا وبيرش فى كتابهما أربعة مكونات لبيئة الحيوان - وهى الطقس والتغذية المتاحة ومكان المعيشة والكائنات الحية الأخرى من الأنواع المختلفة. وقد نوقشت المكونات الثلاثة الأولى من قبل، وعلى أية حال فإن أهميتها واضحة بالبديهة. أما المكون الأخير فهو الذى يسبب التعقيدات أمام ايكولوجيى المجتمعات. فتأثير كائنات حية على توزيع ووفرة كائنات حية أخرى كان ومازال مثيراً للجدال لأبعد حد. هل يستطيع مفترس التأثير على عدد أنواع الفرائس المتاحة؟ هل يستطيع نوع واحد من الكائنات الحية إقصاء نوع آخر من منطقة جغرافية عن طريق منافسته؟ ما الذى يحدد من يعيش هنا ومن يعيش هناك؟

صيغة السؤال الأخير كانت أحد هموم ماك أرثر الأولى: ما الذى يحدد تعدد أنواع الطيور فى موطن ما؟ كان ماك أرثر يعرف أن مراقبى الطيور يكتسبون "حاسة سادسة" فيما يتعلق بأنواع الطيور التى توجد فى حيز محدد من موطن، ولكنهم لا يستطيعون تفسير كيفية معرفتهم بذلك. وأراد أن يكتشف مقياساً ما يمكن استخدامه فى مرج أو بقعة من غابة، ويكرر بطريقة معينة ما يستطيع معظم مراقبى الطيور فعله دون تفكير: وهو التكهن بعدد أنواع الطيور التى تعيش فى المكان. والطريقة التى عالج بها ماك أرثر المشكلة تمثل نهجه فى فهم الطبيعة. واعتقد أنه إذا قال مراقب طيور بالبديهة إن الطيور الفرّانة أو البارولات الشمالية ينبغى أن توجد فى بقعة محددة من الغابات فمن الواضح أنه يستخدم بعض السمات المميزة العيانية للغابات فى التكهن. وبدأ ماك أرثر رحلة اكتشاف ما هى تلك السمات المميزة وكيف يمكن قياسها.

باستخدام ماك أرثر لغريزته الخاصة كمراقب طيور وضع تخميناً أولياً هو أن الشكل العمودى للخضرة مهم. ورغم هذا فالفكرة الغالبة أن الطيور توجد بصورة نموذجية إما فى الحقول المكشوفة أو فى الغابات، والاختلاف الواضح بين الاثنين هو أن كمية الخضرة أطول فى الغابات منها فى الحقول المكشوفة. فهل بإمكان اختلافات أدق فى الشكل العمودى أن تصبح مهمة أيضاً؟ لكى يكتشف هذا طور ماك أرثر دليلاً كميّاً للتركيب العمودى للخضرة فى موطن، وهو ما أسماه دليل اختلاف ارتفاع أوراق النباتات. وكان هذا الدليل مقياساً بسيطاً لتغير نسبة أوراق النباتات الموجودة على ارتفاعات مختلفة من سطح الأرض.

إن كل ما يحتاجه المرء لحساب تلك النسبة هو شريط قياس ولوحة بيضاء يمكن وضعها على ارتفاعات مختلفة فوق عمود كى ترى عليها النسبة المحجوبة بواسطة الخضرة. وتفاصيل التجربة لا تشغل بالنا، غير أن التجربة تقدم رقماً معيناً، يكون منخفضاً إن كانت كل أوراق النباتات موجودة عند مستوى معين بغض النظر عن الارتفاع (كما فى حقل أعشاب ليس به أشجار أو فى غابة بلا دق شجر) ويكون مرتفعاً إذا كانت نفس الكمية من الخضرة تقريباً موجودة عند عدة ارتفاعات مختلفة فوق سطح الأرض (أعشاب وشجيرات وأشجار تنمو مختلطة).

اعتمد ماك أرثر على هذا الدليل فى سلسلة من المواطن. وأجرى كذلك إحصاءات على الطيور فى نفس المواطن، وقارن البند الإحصائى الذى يقيس تعدد أنواع الطيور مع الرقم الذى يقيس اختلاف ارتفاع أوراق النباتات. وتوصل إلى مبدأ عام: تعدد أنواع الطيور فى الغابات غير الدائمة يمكن التكهن به بدقة من معرفة اختلاف ارتفاع أوراق النباتات. ومن الباعث على الفضول أن تعدد أنواع النباتات لم يؤثر بحد ذاته فى عدد أنواع الطيور التى وجدت – باستثناء المدى الذى أثّر به على اختلاف ارتفاع أوراق النباتات. ولم يكن الأمر المهم، مثلاً، ما إذا كانت ظُلّة كثيفة قد شكلت على

ارتفاع ٢٥ قدماً بواسطة نوع واحد أو بواسطة خمسة أنواع من الأشجار. وإنما كان الأمر المهم هو ما إذا كانت تلك الأشجار قد أعاقت الضوء إلى حد أن الشجيرات لن تستطيع النمو فى مدى يتراوح من قدمين إلى خمس وعشرين قدماً. وبهذه الدراسة أثبت ماك أرثر قول اندروارثا وبيرش "إن كائنات حيةً أخرى من أنواع مختلفة (وهى النباتات فى هذه الحالة) يمكن أن يكون لها تأثير فاجعٌ على توزيع ووفرة الطيور - وأن النباتات تفعل ذلك أساساً من خلال ترتيبها التركيبى وليس بالأحرى من خلال اختلافها الخاص". وهكذا فإن جزءاً من الإجابة عن سؤال ماك أرثر الأصيل عما يحدد تنوع أنواع الطيور هو: "اختلاف ارتفاع أوراق النباتات".

أوضحت دراسة ماك أرثر مبدأ عاماً يشكل أساس التعقد الهائل الملحوظ فى معظم المجتمعات. ويستطيع المرء بسهولة تخيل أن عوامل كثيرة معقدة ومتداخلة تغدو جميعها مهمة فى تحديد تنوع الطيور، ووجد ماك أرثر أن عاملاً وحيداً قابلاً للقياس بسهولة هو السائد. ومع هذا قد يجادل ساخر بأن مقياس ماك أرثر المدقق، هو فى آخر الأمر، يؤدى معملياً ما يستطيع أن يفعله مراقب طيور بارع بالبديهة. لكن هذا الساخر قد يكون غافلاً عن النقطة الأساسية: لم يكتشف مراقبو الطيور على إطلاقهم مبدأ عاماً. وفضلاً عن ذلك فإن مراقب الطيور لا يستطيع أن يدل شخصاً قليل الخبرة على كيفية تكهنه بعدد الأنواع التى يمكن أن توجد فى منطقة ما، ولكن ماك أرثر بإمكانه أن يفعل هذا. فالنتائج يجب أن تكون قابلة للتداول ومترابطة، وخلافاً لهذا فإنها لن تصبح علماً.

بجانب أهميته من الوجهة النظرية فإن مبدأ ماك أرثر ذو أهمية عملية. فإذا كانت شركة أخشاب مطلعة بصورة جيدة على المبدأ المطلوب لإعادة زراعة منطقة - قطعت أشجارها لاستخدامها أخشاباً - بطريقة تزيد تنوع الطيور، فإن هذه الشركة ينبغى أن تعلم أن الزراعة لتوفير خضرة تحت الظلة (طبقات من النباتات واقعة تحت ظلة الغابة وتستظل بها) فضلاً عن أشجار ضخمة ستكون على الأرجح مهمة بدرجة أكبر من عدد أنواع الأشجار التى ستزرع. أو لو أن منظمة للمحافظة على الطبيعة ووجهت بقرار سريع يتعلق بشراء أىٍ من قطعتى أرض كثيرة الأشجار كملاذ للطيور، فأمام تلك المنظّمة الآن وسيلة سريعة للتيقن من أيتهما سوف تعيل التنوع الأكثر للطيور.

تنامى فهم اختلاف الأنواع بصورة متزايدة منذ بحْث ماك أرثر عن ارتفاع أوراق النباتات والطيور. وكثير جداً من الناس يدركون الآن أن التنوع هو ضمن الموارد غير المتجددة الثمينة لأبعد حد فى كوكبنا. وقد تنامى ذلك الإدراك، بشكل ما، لأن التنوع العضوى مهدد الآن بصورة خطيرة فى كل أنحاء العالم بفعل التعديل البشرى للبيئات بوسائل مختلفة مثل الجرافات والبلدوزرات والأمطار الحمضية، وربما بالأسلحة النووية الحرارية.

بهذا نأتى إلى السؤال الرئيسى حول هذا المورد الهائل والمهدد للتنوع: لماذا يوجد؟ لماذا توجد أنواع مختلفة كثيرة للغاية من الكائنات الحية؟ هذا السؤال بوصفه بؤرة اهتمام بالنسبة للايكولوجيين يُردّ إلى ج. ايفيلين هوتشنسن معلم ماك أرثر المعروف بجامعة ييل. فمنذ أكثر من ربع قرن مضى كان هوتشنسن فى صقلية للبحث عن بعض أنواع براغيث الماء المهملة منذ زمن طويل. وبالقرب من الكهف الذى اكتشفت فيه عظام سانتا روزاليا، القديسة الراعية لباليريمو، عثر هوتشنسن على بركة غنية ببراغيث من نوعين من جنس كوريكسا – أحدهما كبير والآخر صغير. وأطلق ذلك تساؤله عن وجود "نوعين وليس ٢٠ أو ٢٠٠ نوع من الجنس فى البركة"، وهو التساؤل الذى قاده إلى التأمل فى اللغز الرئيسى للتنوع البيئى. وقد تناول الحلول الممكنة لذلك اللغز فى مقالة كلاسيكية عنوانها "تقديراً لسانتا روزاليا، أو لماذا توجد أنواع كثيرة للغاية من الحيوانات؟"

فكر هوتشنسن فى عدة أسباب محتملة للتنوع الكبير فى أنواع الحيوانات، ولاحظ أن التراكيب ثلاثية الأبعاد المبتكرة بواسطة النباتات عندما غزت اليابسة وتنافست من أجل الضوء وفرت تشكيلة من البيئات الملائمة لأنواع مختلفة من الحيوانات مثل الحشرات لكى تحتلها. والبيئة الملائمة لكائن حى يمكن تعريفها بلا تدقيق بأنها "طريقته فى الحياة" أو "إقامته فى أرض" أو أسلوبه فى اكتساب موارد. إن نوعاً من الحشرات يستطيع العثور على بيئة ملائمة فى شجرة بثقب جذعها وأكل خشبها أثناء ذلك، وبالتهام أوراقها، وبمص عصارتها، وبشرب رحيق أزهارها، أو بأكل ثقّابى الشجرة وملتهمى الأوراق ومصاصى العصارة وشاربى الرحيق. وكلما وجِد المزيد من تلك البيئات الملائمة أمكن وجود المزيد من أنواع الحشرات.

لكن كم عدد الأنواع من آكلى الأوراق أو مصاصىّ العصارة التى تستطيع العيش معاً على نفس الشجرة وفى نفس الحيز المكانى؟ أى كم عدد الأنواع المتشابهة وظيفياً (الأعضاء فى نفس الرابطة) التى يمكنها الوجود داخل مجتمع واحد؟ أهناك شئ ما يمنع عدد الأنواع المختلفة فى رابطة من الزيادة بلا حدود؟ اعتقد هوتشنسن أن هناك حدوداً معينة للكيفية التى يستطيع بها نوعان متشابهان التواجد معاً والاستمرار فى هذا التواجد. بل اقترح أنه فى حالات كثيرة قد يختلف نسق أعضاء رابطة متواجدين معاً فى الحجم بقدر مقدر سلفاً. وتلك الاختلافات فى الحجم يمكن أن تكون إشارة، مثلاً، إلى حجم الفريسة الذى يستطيع كل حيوان أن يستخدمه. فلو أن الفرائس المقتنصة على أيدى مفترسات كانت بنفس الحجم فهذا يعنى أن نوعين من المفترسات

يحتلان نفس البيئة الملائمة. وعليه ينبغي وجود "تشابه محدد" بالنسبة للأنواع المتواجدة معاً. ولا تستطيع الأنواع الأكثر تشابهاً من ذلك أن تعيش معاً – فأحدهما لابد أن ينافس الآخر ويقصيه عن المكان.(*)

ثمة مبدأ أساسى قديم فى علم البيئة وهو أن اثنين من الأنواع لا يستطيعان التواجد معاً إن كانت متطلباتهما متشابهةً أكثر مما ينبغى – وبوضوح أكثر إن كانا يعتمدان على مورد غير كاف لهما كغذاء. وفكرة إقصاء التنافس هذه سميت مبدأ جوس إكراماً لـ ج.ف. جوس، الذى فضلا عن اشتغاله بمنظومات المفترس والفريسة أجرى تجارب معملية مبكرة على التنافس بين الأنواع (الذى يحدث بين الأنواع) مستخدماً كائنات حية دقيقة. وكانت تجارب جوس بشائر صنف الأبحاث التى قام بها بارك على خنافس الدقيق. ويعود جانب كبير من الفضل فى ذلك إلى ماك أرثر. وقد وسّع مبدأ جوس إلى نص نظرية رياضية تتكهن بالظروف الدقيقة التى تستطيع أو لا تستطيع الأنواع فى ظلها التواجد معاً فى الطبيعة، وما هى التشابهات المحدّدة (إلى أى قدر يمكن أن تكون متماثلة)، وبالتالى تحت أية ظروف يحول وجود نوع واحد أو أكثر دون غزو أنواع أخرى لمنطقة ما.

فى بحث مشهور (الحقيقة أنه أطروحته للدكتوراه) أوضح ماك أرثر أن خمسة طيور مغردة آكلة للحشرات متشابهة تقريباً كانت تعيش فى منطقة واحدة وكانت تسلك "بطريقة ما وكأنها أمام أنواع مختلفة من الطعام". فمثلاً يتغذى الطائر المغرد الشديد السواد فى غالب الأحيان من نهايات وأواسط الأفرع العليا، بينما يتغذى الطائر المغرد الكستنائى الصدر، عادة، من منطقة أكثر انخفاضاً فى الشجرة وباتجاه قواعد الأفرع. وتتطابق هذه المشاهدات مع فكرتى إقصاء التنافس والتشابه المحدد – فتلك الأنواع قريبة النسب لأبعد حد إما أنها لا تتواجد معاً أو أنها لو فعلت هذا فهى تبدو باختلافات واضحة فى أحجامها وأساليب حياتها. وفى معظم الأحوال كما هو الحال فى الطيور المغردة فإنها تستخدم موارد مختلفة. و"اقتسام المصدر" هذا يكثر فى جماعات أخرى – على سبيل المثال تتغذى فراشات ايديث الشطرنجية والفراشات الشطرنجية العقيقية فى جاسبر ريدج وهى فى طور اليرقة على موارد نباتية مختلفة تماماً.

الأفكار المتعلقة بالبيئة الملائمة وإقصاء التنافس والتشابه المحدد انتقدت برأى حديث عما يحكم التنوع فى المجتمعات البيولوجية (وهو ما سوف نعالجه ثانية فيما بعد)، وفى هذا الرأى تعد التفاعلات البيولوجية مهيمنة على تطور المجتمعات كما تقيد

(*) تستخدم كلمة مجتمع غالباً لتعنى كل الكائنات الحية الموجودة فى مساحة ما، غير أنها يمكن أن تستخدم أيضاً بمعان محصورة بدرجة أكبر مثل "مجتمع الطيور" أو "مجتمع النباتات" أو "مجتمع المفترسات الكامنة". وفى الاستخدام الأخير قد تكون مرادفة لـ "رابطة المفترسات الكامنة".

عدد الأنواع المختلفة من الكائنات الحية المتشابهة التى يمكنها الوجود داخلها. فالنباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة التى تعيش معاً تؤثر فى أحجام عشائر بعضها البعض وتتطور بالاشتراك لإنتاج بنية المجتمعات الحديثة. ومن هذه القوى المحركة وتفاعلات التطور المشترك يعد التنافس واحداً من أكثرها أهمية.

لب هذا الرأى هو نص من الأفكار الرياضية يعرف باسم "نظرية البيئة الملائمة" وهى نظرية تُرد إلى ايفيلين هوتشنسن وبالأخص إلى بحثه الفعال الذى نشره فى عام ١٩٥٧. وفى ذلك البحث طور هوتشنسن تعريفاً هندسياً متعدد الأبعاد للبيئة الملائمة للنوع. وأحد الأبعاد المتعلقة بالبيئة الملائمة للصَّعْو ربما يكون درجة الحرارة، فعلى الطائر أن يكون قادراً على البقاء داخل نطاق معين من درجات الحرارة. وقد يموت الصعو من الحرارة الزائدة عن ذلك النطاق أو من البرودة الأدنى منه. وقد يكون حجم تجويف العش بعدا آخر، ومن جديد نحن مع نطاق مقيِّد - فإن كان العش ذا فتحة ضيقة أكثر مما ينبغى فلن يستطيع الصعو الدخول إليه، وإن كان ذا فتحة واسعة أكثر مما ينبغى فإن مفترسى البيض يستطيعون الدخول. ومن الجائز أن يكون البعد الثالث هو حجم الحشرة الفريسة: فالفريسة المناسبة لهذا الصعو ينبغى أن تقع بين الفتحات الضيقة جداً والفتحات الواسعة جداً كى تؤكل بسرعة.

بيئات هوتشنسن الملائمة يمكن أن تكون معقدة قليلاً، طالما أنها قد تحدد بأكثر من ثلاثة أبعاد وبالتالى يمكن أن تشمل أحجاماً مجردة، يسميها الرياضيون "الأحجام المفرطة". غير أن نظرية البيئة الملائمة تعنى فى الممارسة غالباً ببعد واحد فقط، وهو عادة ذلك البعد الذى يعين مورداً محدداً رئيسياً. وبناء عليه فعلاقات التنافس المحتملة لعشائر نوعين من الصّعاو (جمع صَعْو -م)، مثلا، قد تدرس بمقارنة حاجتهما من الحشرات. والنتيجة قد تصبح منحنيات محددة الموقع فوق محور حجم الحشرات (وهو خط يمثل بُعد المورد الحشرى ويزداد به حجم الحشرات من اليسار إلى اليمين) وهى منحنيات تبين النسبة من كل عشيرة صعاو التى تتغذى على حشرات ذات أحجام مختلفة. وقد تتراكب هذه المنحنيات الواحد فوق الآخر (حين يكون المورد الحشرى إجمالاً متقاسماً) أو تتداخل جزئياً (حين يكون بعض المورد الحشرى مفصولاً بحاجز) أو لا تبين أية تداخلات (حين يكون المورد الحشرى بكامله مقسماً بحواجز).

الرأى القائل أن التفاعلات، وخاصة تفاعلات التنافس، رئيسية لفهم تركيب المجتمع وحدود التنوع، أدى إلى أبحاث على مجموعة أنواع ذى بيئات ملائمة متشابهة جداً. وخلال سنوات منتصف القرن العشرين كشفت أبحاث عديدة عن نمط مشترك فى الكائنات الحية قريبة النسب لحد بعيد - وهو احتلال بيئات ملائمة متجاورة إلا أن كلا منها مقصور على نوع واحد تقريباً (وبذلك فإن منحنياتها على محور أو أكثر متداخلة بعض الشىء أو عديمة التداخل). وعلى سبيل المثال فى المستنقعات المتناثرة شمالى

غرب الولايات المتحدة تجاه المحيط الهادى تؤسس الشحارير صفراء الرأس أقاليم وأعشاشاً فوق نباتات ذيل القط والنباتات الخضراء الأخرى المنبثقة من المياه العميقة نسبياً. وهى تسيطر على الأقاليم المنتجة بدرجة أكبر (التى تنتج الحد الأقصى من طعامها من الحشرات) فى أعظم البحيرات إنتاجاً. والشحارير الذكور صفراء الرأس لديها القليل من الحظ فى اجتذاب الإناث إلى الأقاليم الأفقر قرب شاطئ البحر. وفى المقابل فإن الشحارير حمراء الأجنحة تقتصر على الأقاليم الأضحل من المستنقعات أو المواقع الأكثر جفافاً. وتصل الشحارير حمراء الأجنحة فى الأحوال العادية إلى مناطق التزاوج قبل الشحارير صفراء الرأس وتحتل الأقاليم الغنية بالخضرة المنبثقة من المياه العميقة. غير أن الشحارير صفراء الرأس حين تصل تزيح الشحارير حمراء الأجنحة وتحل محلها.

وأزواج الشحارير صفراء الرأس ناجحة بدرجة أقل فى استغلال الموارد فى المواقع المنتجة بدرجة أقل، لكن الشحارير حمراء الأجنحة تستطيع أن تنمو بازدهار فى تلك الأماكن. وذلك لأن الأولى لها أجسام ذات حجم أكبر، ومن الجائز أنها نتاج الانتخاب، كى تسمح لها بطرد الشحارير حمراء الأجنحة من المناطق الأغنى، أو ربما لتتيح لها أن تأكل البذور الأكبر أثناء اجتيازها الشتاء (أو ربما للسببين معاً). وكيفما كان الأمر فإن منحنى المنفعة للشحارير حمراء الأجنحة يغطى بجلاء محور "ثراء الموطن" بدرجة أكبر من منحنى المنفعة للشحارير صفراء الرأس، طالما أنها تستطيع البقاء تحت نطاق أوسع من الظروف. ولكن الشحارير صفراء الرأس ذات البيئات الملائمة الأضيق تقصى فى الأحوال العادية الشحارير حمراء الأجنحة من تلك البيئات. ونتيجة لهذا يقال إن الشحارير حمراء الأجنحة لديها "بيئة ملائمة متحقّقة" أضيق (وهو ما تشغله بالفعل) من البيئة الملائمة الأساسية (وهى ما تستطيع أن تستخدمه فى غياب منافسها).

درس كريج هيلر زميلى بجامعة ستانفورد حالة مماثلة فى السناجب الأرضية بسييرا نيفادا فى كاليفورنيا. فهناك أربعة أنواع من السناجب الأرضية: السنجاب الأصفر (ايوتمياس مينيموس)، والأصفر الصنوبرى (إيوتمياس أمونوس)، وسان برناندينو (ايوتمياس اسبشيوسوس) والألبينى (ايوتمياس البينوس) تظهر فى أربع مناطق متفاوتة الارتفاع عن سطح البحر ومتماسة. وأوضح هيللر بتجارب فسيولوجية أن البيئات الملائمة الأساسية للأنواع الأربعة تتداخل لحد كبير مع أن بيئاتها الملائمة المتحقّقة مختلفة بصورة مؤكدة.

كان أحد العوامل فى تمايز المناطق صريحاً. فالموطن الصحراوى للسنجاب الأصفر كان حاراً أكثر مما ينبغى بالنسبة للأنواع الثلاثة الأخرى مما لا يسمح لها بغزوه - فقد كان خارج نطاق بيئتها الملائمة الأساسية. واكتشف هيللر بواسطة التجارب

المعملية أنماطاً من الاعتداءات بين الأنواع، وهى التى فسرت فيما بعد الآليات التى تشكل الأساس فى تقسيم الموطن بارتفاعات متفاوتة. وظهر أن سنجابين يمارسان سيطرة عدوانية على السنجاب الألبيني: السان برناندينو فى الموطن الأعلى منه والأصفر الصنوبرى فى الموطن الواقع أسفله. وبالمثل فإن عدواناً من جانب السنجاب الأصفر الصنوبرى حال بوضوح دون انتشار السنجاب الأصغر فى الارتفاعات الأعلى، وفى المناطق التى تخلو من السنجاب الأصفر الصنوبرى امتد النطاق الايكولوجى للسنجاب الأصغر إلى أعلى. أما السبب فى عدم مد سان برناندينو لنطاقه إلى أعلى وإلى أسفل فهو غير واضح، ولكن هيللر توقع أن يعزى إلى ضغوط فسيولوجية مراوغة على هذا النوع ذى الجسد الكبير فى الموطن الأكثر جفافاً أسفله وموطن الألبينى أعلاه - وهى ضغوط لم يكشف عنها بمصطلحات التجارب المعملية.

فى بحث على مجموعة أخرى من الأنواع قريبة النسب لحد بعيد قارن ايرل فيرنر بجامعة ميتشجان أحجام وأطعمة نوعين من أسماك المياه العذبة، وهما السمك الصغير ذو الخياشيم الزرقاء وذئب البحر ذو الفم الواسع. ووجد أن الفرائس التى يلتهما كلاهما ذات أحجام متماثلة تماماً - كانت مواقع البيئتين الملائمتين للنوعين قريبة إحداهما من الأخرى تماماً على محور المورد الغذائى. وبناء عليه استخدم فيرنر نظرية التشابه المحدِّد للتكهن بأن النوع المتوسط الحجم وهى سمكة الشمس الخضراء لا يمكنها التعايش مع السمكة الصغيرة ذات الخياشيم الزرقاء وسمكة ذئب البحر ذات الفم الواسع. فهذا النوع يتخذ فريسة قريبة جداً فى المتوسط من حجم الفرائس التى يتخذها أى من النوعين الآخرين - وبالتالى فإنها سوف تنافس إلى أبعد حد. وقد اختبر تكهنه باستخدام عدة الغوص تحت الماء. ورغم أن الأنواع الثلاثة تعيش فى نفس البرك فإن المشاهدات تحت الماء أثبتت التكهن المعتمد على النظرية والقائل إنها لا تعيش معاً. فالأسماك زرقاء الخياشيم وأسماك ذئاب البحر كلاهما يسكن فى المياه المكشوفة بينما تعيش أسماك الشمس الخضراء متوسطة الحجم بين النباتات المائية.

إن أزواج أنواع أخرى كثيرة ذوات بيئات ملائمة متماثلة لأبعد حد تحوز مساحات خصوصية أو تحتل مواطن مختلفة. فمثلاً حيث تتقابل مساحات الأنواع المختلفة من سناجب الجيب الأمريكية (الغوافر) فإنها لا تتداخل عموماً. وحيث يوجد الضفدع الفهد منفرداً فإنه يحتل البرك بكاملها، بينما حين يوجد مع (ضفدع) أبو هبيرة فإن الأخير يزيحه إلى مناطق الحافة الأكثر جفافاً.

وقد جرت المشاهدات الأشمل لهذا الشكل الشائع من الخصوصية على الطيور فى غينيا الجديدة (نيوغينيا) بالقرب من الجزر بمعرفة جيرد دياموند الايكولوجى ذى الصوت الرقيق وصاحب السيرة البراقة كعالم وظائف أعضاء.

ودياموند مثل سلفه ماك آرثر عالم تاريخ طبيعي ميداني موهوب. أمضى سنوات عديدة في العمل الميداني جنوب غربي المحيط الهادى، ووضع بكل دقة خرائط توزيعات كثير من الطيور في المنطقة. وفي رحلاته المتعددة إلى غينيا الجديدة قطع دياموند مسافات واسعة على قدميه مستعيناً بمرشدين محليين، وهو يمسح فونا الطيور عبر مساحات منعزلة تماماً، ويسجل ألحانها (وهو يأمل في أن يتمكن من تسجيل الألحان الخاصة بستمائة نوع أو نحو ذلك). وإحدى الجماعات التي درسها كانت طيور التعريشة. وذكر طيور التعريشة لا يبني مجرد أعشاش بل يشيد بيته بعناية فائقة وبتفاصيل عديدة. فأحد الأنواع يقيم (سقيفة) ذات قطر يتراوح من ياردة إلى ياردتين، ويبني نوع آخر أبراجاً متلاصقة بارتفاع عدة ياردات، ويداوم ثالث على إبداع منصات عتيقة الطراز ذات أسوار. وتلك التعريشات مزخرفة بأشياء ذات ألوان براقة: أصداف وأزهار وثمار ومواد مصنعة (تسرقها الطيور من القرى الصغيرة) مثل أغطية القنينات وفرش الأسنان والعملات. وعلى ارتفاعات عالية في جبال فوجا أعاد دياموند اكتشاف نوع مشهدي مفتقد منذ زمن طويل وهو طائر التعريشة البستاني ذو الجبهة الصفراء.

لكن بقدر ما كان ذلك الاكتشاف مهما (في مساعدته على اكتشاف أصول السلوك الغريب لذكور طيور التعريشة) فإن أهميته لم ترق إلى الاكتشاف الشامل – اكتشاف أنماط "رقعة الداما" في توزيع تشكيلة من أنواع طيور جنوب غربي المحيط الهادى. وهي أنماط لا توجد فيها معا ائتلافات معينة من الطيورعلى الإطلاق . وعلى سبيل المثال فإن نوعين من الوقاويق من جنس ماكروبجيا يوجدان في أرخبيل بسمارك بعيداً عن الشاطئ الشمالي الشرقي لغينيا الجديدة. وفي عينة ممثلة بثلاث وثلاثين جزيرة يوجد أحد النوعين في أربعة عشر منها، ويوجد النوع الآخر في ست جزر، أما الجزر الثلاث عشرة الباقية فلا يوجد بها أي من النوعين. ولا يوجد النوعان معاً في أية جزيرة. وهناك نوعان صائدان للذباب من جنس باكيسيفالا وخمسة أنواع آكلة عسل وإحدى عشر ذوات عيون بيضاء ضمن أجناس أخرى تظهر نفس ضروب الأنماط الموجودة في غينيا الجديدة والجزر القريبة منها. وقد تبدو بعض ائتلافات الأنواع "محظورة" – حيث لا توجد أبداً في نفس المكان. ويفسر دياموند تلك الأنماط بوصفها دليلاً على إقصاء التنافس من جانب أعضاء الرابطة. وبمعنى آخر فإن بيئاتها الملائمة متشابهة أكثر من اللازم – وتتداخل أيضاً بصورة تامة على محور أو أكثر – بالنسبة لتعايش الطيور. إن تنوع أجناس هذه الطيور على أية جزيرة مقيد بالتشابه الهائل للأنواع.

في المقابل مع تلك الأنماط التي لا يتواجد فيها معاً أعضاء من نفس الروابط درست بعناية وبمعرفة دياموند رابطة كان أعضاؤها يتواجدون معاً في معظم الأحوال. وشملت هذه الرابطة ثمانية أنواع من حمام الثمار في غينيا الجديدة تعيش في ظلّة غابات الأراضي المنخفضة المطيرة وتتغذى على الثمار الطرية. وفي بعض

المواقع توجد الأنواع الثماني جميعها – وهى تستطيع التعايش لأنها تتقاسم مواردها. ويشكل حمام الثمار ذاته متوالية متدرجة فى الوزن من أوقيتين تقريباً إلى ثلاثين أوقية. فكل حمامة تزن مرة ونصف تقريباً من وزن الحمامة الأخف السابقة عليها فى المتوالية. وتأكل الأنواع الأكبر ثماراً أكبر مما تأكله الأنواع الأصغر. ومن الواضح أنها وجدت أن التنافس على الثمار الصغيرة مع أقربائها الأصغر غير مفيد. وعلاوة على هذا فالأنواع الأصغر تطوف بحثاً عن الطعام فى مدى أبعد فوق الأغصان التى لا تتحمل وزن الطيور الأكبر. وعليه فإن الأنواع قامت بتقسيم موردين: الطعام ومواقع التغذية.

المورد المجزأ ظاهرة واسعة الانتشار حين يكون لأعضاء رابطة توزيعات متداخلة. وقد أوضح ديفيد آنوى أن الأنواع المختلفة من النحل الطنان حول معمل بيولوجيا الجبال الصخرية ذات ألسنة مختلفة الأطوال. وهذا يجعل كل نوع من النحل فعالاً بدرجة أكبر أثناء استخراج الرحيق من كل نوع مختلف من الأزهار. ونتيجة لذلك تستخدم الأنواع المختلفة من النحل الطنان موارد مختلفة، طالما أن كلا منها يميل إلى تفضيل الأزهار التى يتكيف معها لسانه بصورة أفضل. وفى جزر الجالاباجوس لا تتواجد معاً أنواع عصافير داروين المتشابهة الطعام لحد بعيد، فى حين تتواجد معاً الأنواع التى لها أحجام مناقير مختلفة وتتناول أطعمة مختلفة. وبمقياس مشهدى بدرجة أكبر فالأسود والفهود حيث يوجدان معاً يقتسمان فرائسهما حسب الحجم، فتصيد الأسود غالباً الحيوانات الأكبر وتصيد الفهود الحيوانات الأصغر. ويأكل الكركدن أوراق وأطراف النباتات الطويلة بينما يرعى وحيد القرن الأبيض الأعشاب القصيرة، ونكرر أنهما يتقاسمان المورد النباتى الصالح للصعام حين يتداخل مجالاهما.

علاوة على افتقاد التعايش بين أعضاء الرابطة المتشابهين بدرجة كبيرة، واقتسام المورد داخل الروابط التى يتواجد أعضاؤها معاً فإن أهمية التنافس فى تشكيل تطور المجتمعات تُقترح غالباً حين يحوز نوعان قريبا الصلة لحد بعيد مساحات جغرافية متداخلة جزئياً. فى هذه الظروف تميل الفروق بين أعضاء الرابطة إلى أن تكون أكبر فى منطقة التداخل عنها حين يوجد الأعضاء كل على حدة. وتوفر أنواع متشابهة معينة من عصافير داروين، التى توجد معاً فى بعض جزر الجالاباجوس، أو توجد منفردة فى البعض الآخر، مثالاً كلاسيكياً. ففى الجزر التى يتواجد فيها النوعان معاً تكون مناقير أحدهما أكبر بكثير من مناقير الآخر. وفى المقابل حيثما يتواجد النوعان كل على حدة تكون مناقيراهما بنفس الحجم المتوسط. وبالمثل أينما يتواجد نوعان من خازنى البندق الآسيويين معاً فإن مناقيرهما تبدى اختلافاً فى الطول قدره ١٦/٣ بوصة، أما الطيور المصطادة من مناطق يتواجد فيها كل نوع بمفرده فإنها تكون ذات مناقير متماثلة الطول فى المتوسط. والمورد المجزأ فى منطقة التداخل ربما يكون السبب فى كلتا الحالتين. ومع ذلك هناك احتمال أن تستخدم الطيور طول المناقير أيضاً كأحد وسائل التعرف على الأزواج من نفس النوع، وبالتالى فإن الانتخاب ضد الميل إلى التهجين قد يكون سبباً آخر فى تمايز المناقير حين تتواجد الأنواع معاً.

خيط آخر من الدليل الذى يشير إلى أهمية التنافس بين الأنواع يأتى من عواقب غزو أنواع دخيلة للمناطق. وأحد الغزاة هو النملة الأرجنتينية العدوانية جداً، والتى أدخلت عرضاً لأول مرة إلى نيوأورليانز بالولايات المتحدة عام ١٨٩١ وسرعان ما انتشرت بعد ذلك على نطاق واسع فى الجنوب الشرقى وحملت إلى كاليفورنيا. وحيثما ذهبت فإن أنواع النمل الأصلى عانت انخفاضات فى عشائرها. وخلافاً لتأثير أنواع عصافير داروين على بعضها البعض والتى تعزى تقريباً إلى استثمار التنافس (وببساطة إلى استخدام نفس الموارد التى هى زاد محدود) فإن النملة الأرجنتينية يأتى تأثيرها بفعل تصادم التنافس – ومباشرة عن طريق تقليل وصول أنواع أخرى إلى الموارد. وحيثما توجد، وخصوصاً فى المدن والعواصم، فإن النملة الأرجنتينية تقضى على أنواع النمل الأخرى بالتفوق عليها عن طريق القتال المباشر. وعلاوة على أمريكا الشمالية غزت النملة الأرجنتينية وأخضعت مناطق فى أستراليا وجنوبى أفريقيا أيضاً.

وُجدت حالات مشابهة تحت الماء. فقد تسبب البطلينوس المنزلق فى انحدار مدمر اقتصادياً فى عشائر المحاريات فى بعض مصبات الأنهار البريطانية حين أدخل مصادفة. والتنافس هنا ببساطة هو من أجل مساحة الطعام الملائم والمصفَّى– العوالق والمواد العضوية غير الحية – من ماء البحر.

على مدى العقدين الماضيين صُقلت نظرية البيئة الملائمة داخل إطار مشوق، وإن كان غير مكتمل حتى الآن، لدراسة تعقيدات ايكولوجيا المجتمعات. وأصبح ذلك الإطار الآن موضوعاً للجدال المتزايد، وهو جدال يتجاوز الأسئلة المتعلقة بالمجتمعات البيولوجية ويمضى إلى لب المسألة المتعلق بالتساؤل عن الكيفية التى تنجز بها الايكولوجيا أو حتى العلم ذاته. والجدال الحالى يدور حول مدى أهمية التنافس بالفعل كقوة منظِّمة فى بنية مجتمع. ويمكن العثور على جذور الجدال فى ميل قديم لدى ايكولوجيى الحيوان للاستشهاد بالتنافس فى الماضى والحاضر بين الأنواع كمدخل لتفسير سمات كثيرة للمجتمعات الحيوانية، حتى وإن كانت التجارب الحاسمة التى توضح التنافس مفتقدة فى ذلك الحين.

فى المقابل لم ينشأ جدال مواز حول أهمية التنافس (من أجل الضوء والماء والمغذيات) فى تشكيل المجتمعات النباتية. نظراً لأن تجارب عديدة ميدانية ومعملية أجريت منذ أوائل هذا القرن تضمنت الأنواع النباتية التى تنمو منفردة أو التى تنمو ضمن مجموعة مؤتلفة من النباتات. وقد لوحظت مراراً تأثيرات معاكسة لإبقاء بعض الأفراد فى الظل عن طريق أفراد أخرى (إما لإعاقة نمو النبات المظللة أو قتلها). وقد شوهد إيضاح شامل لذلك التنافس فى "تجارب طبيعية" أزيل فيها المنافس على ضوء الشمس. فمثلاً إذا هوت شجرة فى غابة بفعل عاصفة مخلفة وراءها أرضاً خالية

جديدة مضاءة بضوء الشمس فإن عدداً كبيراً من أنواع النباتات، التى كانت معاقة عن النمو من قبل، تترعرع عادة فى تلك الأرض. وبالمثل فالصراعات تحت سطح الأرض من أجل الموارد بين الجذور أكدت مراراً وأظهرت بواسطة التجريب الدقيق. فلو أن جذور أشجار غابة منعت من استخراج الماء والمغذيات فى مساحة من أرضية غابة (بحفر خندق حول تلك المساحة وفصل الجذور التى تصل إليها من الأشجار المجاورة) فإن دق شجر كثيف ينمو حيث كان ينمو من قبل قليل من العشب والشجيرات الصغيرة.

ولكن منذ ثلاثين سنة مضت لم تُطوَّر مادة لدليل مقارن على أهمية التنافس بين الحيوانات. وبديلاً عن ذلك كان التنافس تفسيراً فضفاضاً تقريبياً لأنماط المجتمعات، مدعوماً بدليل ضعيف مستمد من حالات طبيعية أو تجاوب، وبالتالى يتم تبنّيه عادة بثقة. وفى أحوال كثيرة جداً كان هذا يعنى تجاهل التفسيرات المحتملة الأخرى. واعترض عدد من الايكولوجيين على الأخذ بتلك التفسيرات غير المجرّبة، وخاصة حين تكون الحجج الكامنة وراءها متضمنة عنصر دائرية كبير. وفى عام ١٩٦٧ ذكرنا أنا وتشارلز بيرش فى بحث نشر فى مجلة نيتشر **( Nature)**" أن تكرار صياغة بسيطة للمشكلة يُقبل كحل لها. فمثلاً النطاقان **X**، **Y**المقصوران على شخص واحد بالتبادل "يفسّران" عن طريق "التنافس". فكيف تعرف أنه كان ثمة تنافس؟ الإجابة هى لأن كل واحد أبعَدَ "بوضوح" الآخر عن نطاقه! إن الخطأ لا يعول عليه، ومن أجل تصحيح هذه الطريقة فى التفكير يغدو هذا هو الاقتراح الصارم لحد بعيد فضلاً عن اختبار الفرضيات القابلة للدحض" . وقد خلقت تلك الاحتجاجات ضغوطاً كى تحدد أهمية التنافس فى الطبيعة بواسطة التجارب، وبالتدريج أنجزت أبحاث مناسبة.

غير أنه فى عام ١٩٧٧ جدّد سمبرلوف وبعض زملائه النقاش حول التنافس بنقد عنيف لنظرية البيئة الملائمة. وقد وجهوا هجومهم، ضمن أمور أخرى، فى اتجاه أفكار هوتشنسن حول اختلاف أحجام المنافسين وتوزيعات رقعة الداما لدياموند. ومالت النقاشات إلى الاستغراق والتعقد حتى فى نظر الايكولوجيين الذين يتابعونها، غير أن المرء يستطيع أن يتلمسها دون أن ينقب وراءها أكثر مما ينبغى.

كى نرى كل ما يدور حوله الجدال دعونا نفحص المناقشات المتعلقة بتوزيعات رقعة الدراما لديامond، حيث وكما تتذكر تبدو ائتلافات الأنواع "محظورة". ومن حيث الأساس تساءلت جماعة سمبرلوف: كيف يتسنى لنا معرفة أن نمط رقعة الداما ليس نتاج الصدفة فحسب وليس بالأحرى نتاج إقصاءات التنافس؟ ليس هذا سؤالاً معقولاً فحسب بل أنه علامة استفهام نموذجية تماماً فى العلوم. وهو مرتبط بالسؤال التالى الذى سأله شخص ما كان قد رأى قطعة عملة معدنية تعرض وجه الملك عشر مرات متتالية فى رهان: "هل هذا نتيجة الصدفة مع قطعة عملة أمينة أم أنه نتيجة وجود وجهين لها؟".

واحتمال أن تعرض قطعة عملة أمينة وجه الملك عشر مرات متتالية فى رهان يحسب بسهولة، فهو يحدث مرة تقريباً فى كل ألف رمية. وبالتالى فالاستنتاج المعقول هو أن العملة ذات وجهين أو أن من يقوم برميها موهوب جداً - أو لنقترح طريقة أخرى، شيئاً ما آخر غير الصدفة التى أفضت إلى النتيجة (طالما أن الترجيحات أقل من واحد فى الألف وتلك هى الصدفة) - وتستخدم الأساليب الإحصائية غالباً من جانب الايكولوجيين لتحديد ما إذا كانت نتيجة بعينها هى ولحد بعيد نتاج الصدفة أم أنها نتاج عملية بيولوجية مشوقة (ومثل تلك الأساليب الإحصائية تستخدم لاختبار أمانة قطعة عملة)(*) .

فى إعادة فحصهم لمعلومات رقعة الداما استخدم سمبرلوف وزملاؤه جهاز كمبيوتر لبناء أنماط افتراضية كثيرة لتوزيع أنواع الطيور على نفس الجزر كما درست على يد دياموند. وصممت توزيعات الكمبيوتر كى تحاكى التوزيعات التى قد توجد إن كانت الصدفة والبيئات الطبيعية (المواطن المتاحة) للجزر هما وحدهما اللذان يحددان أى الأنواع يعيش فى المكان، وتم تجاهل قواعد إقصاء التنافس. ومن حيث الجوهر كوّن الكمبيوتر كل توزيع افتراضى عن طريق لخبطة أنواع طيور الفونا وتوزيعها على العدد الفعلى للجزر بطريقة عشوائية. وكان القيد الوحيد هو أن تستقبل كل جزيرة عدد الأنواع الفعلى الموجود بها. أى أن الجزيرة التى تستضيف فى الواقع عشرين نوعاً حصلت فى الكمبيوتر على عشرين نوعاً - لكن بتنسيق عشوائى وليس بالأحرى طبقاً للعشرين نوعاً الموجودة بالفعل. وهكذا فالتوزيعات التى سجلها دياموند فى الطبيعة قورنت إحصائياً بالتوزيعات التى أنتجت على الكمبيوتر.

ما وجدته جماعة سمبرلوف هو أن توزيع رقعة الداما وتوزيعات معقدة أخرى وصفها دياموند كانت مشابهة لبعض التوزيعات المتكونة عن طريق الكمبيوتر. وبناء على ذلك قرر سمبرلوف وزملاؤه أن أنماط رقعة الداما ليست دليلاً على أن التنافس مهم فى تحديد بنية مجتمعات الطيور فى الجزر. ومن حيث الأساس زعموا أن هذه التوزيعات غير المعتادة الظهور فى الطبيعة مماثلة لظهور وجه الملك عشر مرات متتالية فى عشر رميات. وإذا نظرنا إلى الأنواع المختلفة تماماً للطيور فى عدد وافر من الجزر سوف نلاحظ أن بعضها لديه توزيعات رقعة الداما بالصدفة البحتة. ولهذا تفضل مدرسة سمبرلوف فكرة التوزيعات "غير المتفاعلة". بمعنى أن الوجود فى المكان يعتمد فى المقام الأول على قدرة التشتت المتعلقة بكل نوع، وعلى الظروف الطبيعية التى يستطيع كل نوع الازدهار فيها، وعلى الصدفة، ولكنه لا يتوقف على نتيجة التنافس.

(*) فى الملحق ج تجد تفصيلاً أكثر قليلاً عن استخدام الاحتمالات فى العلوم بصورة عامة، ودراسة توزيعات رقعة الداما بصورة خاصة.

رغم ذلك لم يقف النقاش عند هذا الحد. فتوزيعات جماعة سمبرلوف الناتجة عن استخدام الكمبيوتر، والطرق التى رتبت بها عارضهما بشدة دياموند وزملاؤه وكانت اعتراضاتهم تقنية لحد ما، وهى فى رأيى صحيحة. وهناك حجة معاكسة مهمة قائمة على أساس صعوبة تحديد نسبة أنواع الطيور التى تتضمنها عملية إعادة اللخبطة فى الكمبيوتر. وهل هى بالضبط افتراضاً لأعضاء فى رابطة واحدة أم أنها تشمل كل طيور الجزر بما فيها طيور الشاطئ والصقور والطيور المغردة.. الخ. لا يوجد اتفاق قريب حول حل المشكلة، ولكن النتيجة واضحة بخصوص احتواء المجموعة التى قام عليها توزيع الكمبيوتر لكثير جداً من الأنواع مختلفة الصفات، واحتمال أن يشمل نتاج الكمبيوتر توزيعاً مماثلاً لتوزيع رقعة الداما الفعلى يتزايد بدرجة عظيمة. وتوزيع رقعة الداما هذا قد يصبح "متوقعاً" بالانتحال – أى ناتج عن مجرد الصدفة – حتى وإن كان ناتجاً بالفعل عن التنافس. والمشكلة مشابهة لمحاولة تحديد الأرجحية فى الاقتراع على الإتيان بوجه الملك للعملة المعدنية عشر مرات متتالية فى رهان. فلو كانت تتابعات الوجهين (الملك والكتابة) فى الرميات عشرين تتابعاً فإن احتمال ظهور وجه الملك عشر مرات متتالية بمجرد الصدفة غير مرجح لحد بعيد. أما إذا كانت تتابعات وجهى العملة فى الرميات عشرين ألفاً فإن ظهور وجه الملك عشر مرات متتالية يمكن توقع حدوثه عدة مرات.

ثمة حجة معاكسة أخرى وهى أن توزيعات الكمبيوتر قد تُرتَّب بتأثيرات التنافس المحجوبة داخلها فى ذلك الحين. ولنتذكر أن التوزيعات قائمة على أساس إعادة لخبطة التوزيعات الفعلية. وإذا كان التنافس قوة مهمة فى بنية المجتمعات فسوف يؤثر فى حينه على أعداد أنواع الطيور وتوزيعاتها. ولذا فإن التوزيعات الفعلية للطيور تغدو محل مقارنة مع التوزيعات المخلَّقة بالكمبيوتر، والتى قد تشمل فى الواقع تأثيرات التنافس، ولكنها ليست محل مقارنة مع التوزيعات الخالية من تأثيراته. إن لم يكن هناك اختلاف ذا معنى بين التوزيعات الفعلية وتوزيعات الكمبيوتر "الشبيهة بتوزيعات التنافس" فذلك ما يمكن تأويله بصعوبة كدليل على أن التنافس ليس مهماً فى حدوث التوزيع فى الطبيعة. إن المحلفين ما يزالون بعيدين عن رقعات الداما غير أن الحكم فى اعتقادى سيكون فى نهاية الأمر بأن التنافس مذنب فى إحداث معظمها أو كلها.

يعكس الجدال حول توزيعات رقعة الداما الصعوبة الأساسية التى يواجهها الايكولوجيون وعلماء آخرون يعملون فى منظومات معقدة لأقصى حد. وكثير من العلوم وخاصة الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا الجزيئية هى علوم اختزالية لحد بعيد – تسعى لاكتشاف تركيب ووظيفة كل سن وكل مسمار لولبى فى آلة الطبيعة. وتميل الايكولوجيا

وبيولوجيا التطور إلى أن تكون تاريخانية(*) وكلية ومقارنة فى تناولها للأمور. ويسعى الايكولوجيون وبيولوجيو التطور إلى بحث مسائل مثل لم تكون الكائنات الحية التى تقوم بنفس المهمة مختلفة تماماً فى أغلب الأحوال، وكيف ولماذا طورت تلك الكائنات تشكيلتها الحالية. إنهم يحاولون، من حيث الجوهر، فهم الأساس المنطقى لتركيب وعمل الجهاز بكامله فضلاً عن تاريخ بنائه (الذى يلقى هو ذاته الضوء على الأساس المنطقى للتركيب والعمل).

هذان النهجان فى فهم العالم ليسا الوحيدين بالتبادل، ولكن يبدو أن معظم العلماء لديهم ميل طبيعى إما تجاه الأبحاث الاختزالية أو الأبحاث الكلية. ويغدو قلق الاختزاليين بسيطاً حين يجدون مسائل حسّاسة تتطلب البحث. فهم، فى الغالب، يحاولون الإجابة عن صيغة ما من السؤال: كيف يعمل؟ ومهمتهم هى اختراع تجارب ماهرة لعزل وإدراك وظيفة كل جزء. وتميل الإجابات إلى أن تكون إما بنعم أو بلا – فتتابع النيوكليوتيدات فى الدنا إما أنه يحدد تتابع فضلات الحمض الأمينى فى بروتين ما أو أنه لا يفعل ذلك. ويغدو الاختزاليون فى البيولوجيا الجزيئية ناجحين على نحو متزايد بسبب اكتشافاتهم لإجابات.

غير أنه فى العلوم الكلية مثل الايكولوجيا يصبح تحديد السؤال، فى الغالب، الجانب الأكثر صعوبة. لنفترض مثلاً أن السؤال مصاغ هكذا "هل يوجد تنافس؟" ولأن وجود التنافس قد ثبت بالفعل فى المعمل والميدان فإن الإجابة هى "نعم". ولكن تلك الإجابة ليست مُرضية لدرجة كافية، فكثير من الأمور التى يمكن أن توجد بل توجد بالفعل ذات أهمية عامة ولكن بدرجة قليلة – والمناورات الثلاثية فى البيسبول والغلطات المربكة فى التليفزيون مثالان على ذلك. وبالتالى فهذا السؤال لم يكن الأفضل.

نوع الأسئلة التى يرغب الايكولوجيون حقاً فى الإجابة عنها تشبه لحد بعيد السؤال التالى: "ما أهمية التنافس فى تشكيل المجتمعات الايكولوجية؟" ولو نحينا جانبا صعوبات تحديد معنى "أهمية" ومعنى "تشكيل" لبقيت معضلتان كريهتان تواجهان الايكولوجى فى هذا السؤال. أولاهما أنه ليس ثمة إجابة من ذات الشعبتين نعم ولا، وإنما الإجابة تكمن، تقريباً، فى كلٍّ متصل يبدأ من عدم الأهمية وينتهى بالأهمية كلها. المعضلة الثانية هى كيف وأين نجد الإجابة؟ والقياس المنطقى قد يساعد فى استشعارك لها.

---

(*) نسبة إلى مبدأ "التاريخية" الذى يقوم على أن كافة أشياء العالم الموضوعى وظواهره مترابطة ومتغيرة دوماً – م.

السؤال حول أهمية التنافس فى تشكيل المجتمعات الحيوانية شبيه لحد ما بالسؤال عن أهمية الدين بالنسبة للأمريكيين. لنفترض أنك سُئلت عن تحديد الأهمية الفعلية للدين عند شعب الولايات المتحدة الأمريكية. حينئذ ستكون مضطراً فى البداية إلى إيجاد أساليب بارعة لاكتشاف المشاعر الحقيقية للأمريكيين. ولن يكون هذا عملاً سهلاً طالما أن الناس لا يقدمون فى الغالب إجابات أمينة للمستفتيين، وخاصة فى قضية كهذه، حيث يحتمل وجود ضغط اجتماعى لظهور الشخص بمظهر المتديّن حتى وإن لم يكن كذلك. وبالعثور على وسيلة لاكتشاف المشاعر الحقيقية للناس عليك بعدئذ تدبير استراتيجية تستطيع بواسطتها أن تجعل العينة المستفتاة ممثلة لعشيرة بكاملها يزيد عددها عن ٢٤٠ مليوناً. من الواضح تماماً أن السؤال البسيط يثبت فى النهاية أن إجابته صعبة للغاية.

الايكولوجيون مواجهون باستمرار بتحديات مماثلة. وبالعودة إلى المثال الأسبق عن تحديد أهمية التنافس نجد أنهم مضطرون إلى ابتكار تجارب لتحديد ما إذا كان التنافس يجرى فى رابطة من الحيوانات أم لا، ولتقدير مدى فعالية التنافس فى التأثير على تنوع وشكل وسلوك الحيوانات. وبعدئذ يتحتم عليهم أخذ عينات من أنواع مختلفة من المجتمعات الحيوانية بطريقة ما توفر ثقة معقولة بأن أهمية التنافس قائمة فى بيولوجيا المجتمعات الحيوانية ككل. وتلك العملية أصبحت ماضية قدما منذ بعض الوقت وتتسارع الآن تحت تأثير تحديات دان سمبرلوف وآخرين.

شهد العقدان الأخيران زيادة سريعة فى استخدام التجارب الميدانية لاختبار وجود التنافس وقوته فى الطبيعة. وأحد أكثر تلك الدراسات تمكنا هى الدراسة التى قام بها زميلى بجامعة ستانفورد جوناثان رَفجاردن وتلاميذه على عدة جزر فى البحر الكاريبى. وهى أماكن رائعة لإجراء الأبحاث - وخصوصاً إن أجريت فى المياه الدافئة فوق الشعب المرجانية التى تزركش حواشيها. وهى، مع ذلك، تتطلب تفانياً حقيقياً لملاحقة بيولوجيا المناطق الساخنة للجزر. وهذا هو المكان الذى عمل به ايكولوجيون شتى من بينهم جون وجماعته لفهم كيف يؤثر التنافس على حياة وتطور السحالى من جنس أنوليس (أنولات ومفردها أنول).

والأنولات أفراد من عائلة كبيرة للسحالى تشمل الاجوانات والسحالى المقرَّنة. و"الحرباءات" زهيدة الثمن التى تباع فى محلات الحيوانات الأليفة هى بالفعل سحلية الأنول الخضراء الشائعة فى جنوب شرقى الولايات المتحدة. والأنولات مفترسات، تتغذى عموماً على الحشرات. وللذكور مراوح مطوية على الصدور ذات ألوان براقة، تبسطها حين تغازل الإناث أو حين تتصدى للدفاع عن مناطقها ضد الذكور الأخرى. والعروض تشمل سلسلة من الاستعراضات البلهاء التى لا تؤخذ مأخذ الجد من جانب الأنولات الأخرى.

وكل جزيرة من ليسر انتيللز، وهو قوس من الجزر الصغيرة يمتد بين بورتيريكو وترينيداد، يحتلها نوع واحد أو نوعان من جنس أنوليس. وأعدادها غزيرة لأبعد حد - تتراوح فى الغالب بين خمسين وخمسة وسبعين فرداً فى المائة ياردة مربعة. وهذه الكثافة لمفترسات محتملة فحسب، لكون السحالى مفترسات "كامنة" (تقعد ساكنة ثم تندفع بقوة نحو فريسة عابرة) من ذوات الدم البارد. وهى بكل وضوح تستولى على مكان رابطة من الطيور آكلة الحشرات، والتى تفتش فى مناطق أخرى عن الحشرات القريبة من الأرض وتلتهمها. وبمصطلحات استهلاك الطاقة يقدر رفجاردن أن ٧٥ أنولا تقريباً تعادل طائراً واحداً له حجم الأنول (تذكر المناقشة التى استخدمت الندرة الواضحة للديناصورات المفترسة للدلالة على أنها كانت من ذوات الدم الحار) ومن ثم كان هذا العدد الهائل من الأنولات.

أجرى رفجاردن بحثه فى منطقة سان مآرتين حيث يوجد نوعان من السحالى هما أنوليس جنجيفينوس وأنوليس واتسى. والأول أكبر من الثانى ولكن النوعين متماثلان فى الحجم تقريباً بدرجة أكبر من تماثل أى نوعى أنوليس آخرين يتقاسمان جزيرة فى شرقى البحر الكاريبى. ويوجد نوع جنجيفينوس فى كل مكان من سان مآرتين بينما ينحصر نوع واتسى فى التلال الوسطى. ويجثم جنجيفينوس فى الخضرة بين التلال فى الأعالى بأكثر مما يفعل فى الأراضى المنخفضة، بينما يجثم واتسى أسفله. ولكى يوضح علاقة التنافس بين نوعى السحالى أنشأ رفجاردن وتلميذه ستيف باكالا أربع حظائر تجريبية مربعة ومسيّجة مساحة كل منها أثنتا عشرة ياردة داخل نطاق الموطن الطبيعى للسحالى. وأقيمت حول الحظائر أسوار من البلاستيك الناعم ذات قمم ناتئة تحول دون تسلق السحالى وتسللها إلى الداخل أو إلى الخارج، كما أنشئت تعريشة مصنوعة بدقة من الأفرع الناتئة من شجيرات كثيفة الأغصان تمنع السحالى من القيام بزيارة غير متوقعة. وقد وسمت السحالى من بعد باستخدام سائل منبثق من مسدس ألوان حتى يمكن تقدير حجم العشيرة (بطريقة مماثلة لتلك المتبعة مع الفراشات الشطرنجية).

ويبدو أن نقص الغذاء هو القيد الرئيسى لنمو عشائر الأنولات فى سان مآرتين. فمثلاً حيثما يوجد نوع جنجيفينوس ولا يوجد نوع واتسى فإن كثرته تضاهى بعدد الحشرات المقتنصة بواسطة الشراك المربكة للأقدام (وهى ألواح مغطاة بورق مصمغ بمادة لزجة) الموضوعة فى نفس المواقع. والدليل على قيد الغذاء دُعّم بتجارب فى الحظائر المسيجة: فحين أضيفت سحالٍ زائدة إلى الحظائر انحدرت فى الحال معدلات نمو السحالى الموسومة، وحين أُزيلت كلّ السحالى من حظيرة مسيجة ازدادت غزارة الحشرات والعناكب بطريقة مفاجئة. وفضلاً عن ذلك فقد وجد آخرون أنه حين يزداد المورد الغذائى للعشائر الطبيعية من أنولات الكاريبى يزداد كذلك معدل نمو الأفراد.

فى حالة المورد الغذائى غير الكافى يبدو حدوث التنافس محتملاً. والواقع أن التنافس بين أنولات منطقة الكاريبى عموماً، والمفترض منذ فترة طويلة، دُعّم بالمشاهدات المتعلقة بتغير كثافة العشيرة واستراتيجية البحث عن فريسة فى نوع واحد فقط، وحيث كان نوع مشابه بدرجة كبيرة موجوداً لتقارن الحالة حين يكون غائباً. ما كان رفجاردن وباكالا يثبتانه هو دور التنافس فى روابط السحالى هذه مستعينان بسلسلة من التجارب الدقيقة.

فى احدى تلك التجارب اختبر تأثير وجود نوع واتسى على نوع جنجيفينوس. حيث وضع ستون فرداً موسوماً من نوع جنجيفينوس فى كل من الحظائر الأربعة المسيجة. ومُوِّن اثنان من الحظائر الأربعة بواقع مائة فرد من نوع واتسى لكل منهما. وكانت تُؤخذ أفراد جنجيفينوس خارج الحظيرة كل شهر حيث توزن وتعاد إلى أماكنها. وبعد خمسة شهور أخذت كل السحالى التجريبية من الحظائر وفحصت محتويات مَعِداتها وحالاتها التكاثرية.

ووجد رفجاردن وباكالا أن أفراد نوع جنجيفينوس التى لم تشارك أفراد نوع واتسى الحظائر لديها كثير من الطعام فى معداتها وأن الكثير من إناثها تحتوى على بيض أكثر من إناث أفراد نوع جنجيفينوس التى تعيش مع أفراد من نوع واتسى. لا عجب، إذن، أن أفراد جنجيفينوس التى تعيش فى قفص يحوى نوعاً واحداً تنمو أيضاً بسرعة أكبر من الأفراد التى أُجبرت على الوجود مع أفراد من نوع واتسى.

وفيما يتعلق بأفراد الحظائر ذات النوعين فإن معدات جنجيفينوس الأكبر احتوت على حشرات كانت فى المتوسط أكبر من الحشرات التى وجدت فى معدات واتسى. ويدل هذا على وجود اقتسام ما للمورد الغذائى من الفرائس. وعلاوة على هذا فإن أفراد جنجيفينوس التى أُسكنت فى خضرة داخل حظائر مسيّجة فى مناطق أعلى مع أفراد واتسى أظهرت اقتساماً لحد أبعد على محور المكان من اقتسامها حين توجد أفرادها على حدة. وتحت ظروف التجربة كان من الواضح أن أفراد نوع واتسى لها تأثير سلبى على أفراد نوع جنجيفينوس، وجلىّ أنه بسبب التنافس معها على الغذاء والمكان. ويبين دليل آخر أن العلاقة المشتركة يُظهر فيها نوع جنجيفينوس تأثيراً تنافسياً شديداً على نوع واتسى.

توفر تلك التجارب مع تجارب أخرى دليلاً قوياً على أن تنافساً شديداً يحدث الآن بين هذين النوعين من الأنولات. ولكن السؤال الذى مازال قائماً هو: هل فسّر التنافس سبب الاختلافات الملحوظة فى البيئات الملائمة وتوزيع السحالى؟ وهل التنافس من جانب جنجيفينوس يبقى واتسى بعيداً عن الأراضى المنخفضة لسان مارتين؟ وفضلاً عن التنافس، فهل يمكن أن يكون العامل المهم هو الاحتياجات المختلفة من درجات

الحرارة للنوعين. فمثلاً ربما يحتاج جنجيفينوس إلى مجاثم دافئة بينما يحتاج واتسى إلى مجاثم باردة. آنئذ قد يُفسر غياب واتسى من الأراضى المنخفضة بكونها حارة أكثر مما ينبغى. والتغير الملحوظ فى اتجاه ارتفاع مجثم جنجيفينوس إلى أعلى بين التلال حيث يوجد كلا النوعين يمكن تفسيره أيضاً - فقد يكون ببساطة تعبيراً عن تحركه نحو مجاثم مكشوفة ومشمسة بدرجة أكبر.

فحص رفجاردن وزملاؤه هذا التفسير المستند إلى المناخ المحلى وأعلنوا بطلانه. وأوضحوا بمقاييس دقيقة أن هذين النوعين حيثما يتواجدان معاً لا يشغلان مواقع ذات مناخات محلية مختلفة. وأوضحوا أيضاً أن المجاثم الأعلى بالنسبة للسحالى ليست أدفأ من المجاثم الأقرب إلى الأرض. وفى حين أن المجاثم الأعلى بها الكثير من ضوء الشمس بما يجعلها تدفئ الحيوانات بدرجة أكبر إلا أن بها أيضاً الكثير من النسمات الباردة التى تعمل على تبريدها.

لقد طرحت، فقط، بعض النقاط ذات الأهمية الخاصة فى أبحاث الأنولات، ولكن ينبغى أن أقدم إيماءة عن مقدار الجهد ودرجة العناية المطلوبيْن لإقامة الدليل، بصورة حاسمة، على أن التنافس الموجود الآن مسئول عن نمط ملحوظ للتوزيع. ولحسن الحظ أن منظومة الأنولات فى سان مارتين طيّعة بصورة خاصة فى البحث. فالسحالى ذاتها وافرة، وتشاهد وتوسم بسهولة، كما أنه من السهل أن تحتجز. ومواردها الغذائية معروفة، والتقنيات موجودة لقياس كلا من وفرتها والطريقة التى تستخدم بها تلك الموارد. وكما أوضح رفجاردن فى بحث آخر فإن كلا نوعى السحالى بالنسبة للآخر منافس محتمل رئيسى. ولسوء الحظ، وكما سنرى فيما بعد، فإن كل المنظومات ليست طيعة للدراسة إلى هذا الحد.

ثمة تجارب أخرى دقيقة تثبت أهمية التنافس فى الطبيعة أجريت على يد مارى برايس (وهى الآن بجامعة كاليفورنيا) حين كانت طالبة دراسات عليا بجامعة أريزونا. فقد درست طائفة صغيرة من القوارض الصحراوية الآكلة للبذور، مكونة من فئران الكانجارو وثلاثة أنواع مختلفة من فأر الجيب. ونصبت شراكا خاصة لا تضر بالحيوانات كى تحدد استخدامها النسبى للمواطن الصغيرة المختلفة (مثل منطقة واسعة مكشوفة أو منطقة قريبة من شجيرة). وكما فى الأبحاث الخاصة بالأنولات والمنجزة على أيدى مجموعة رفجاردن أقامت حظائر مسيجة لمقارنة استخدام المواطن الصغيرة المحتوية على نوع واحد والمواطن الصغيرة المحتوية على أنواع عديدة. وعدّلت أيضاً المواطن الصغيرة بقطع الشجيرات حتى مستوى الأرض لترى ما إذا كان هذا سيغير الوفرة المحلية لأى من الأنواع بطريقة يمكن التنبؤ بها.

وجدت مارى برايس أن القوارض الأربعة تختلف بوضوح فى اختياراتها للمواطن الصغيرة التى تبحث فيها عن البذور. ففى الصيف، مثلا، يبحث فأر الكانجارو عن الغذاء فى مساحات مكشوفة واسعة غالباً، ويبحث أحد فئران الجيب عن البذور فى أماكن مكشوفة ضيقة.

ويفضل النوعان الآخران من فئران الجيب البحث تحت الشجيرات الكبيرة والأشجار. ولكن كيفية بحث كل نوع عن البذور اعتمدت أيضاً على وجود أى من الأنواع الأخرى. وبالتالى أينما أضيف نوع ثان إلى حظيرة مسيجة أو أزيل منها ذلك النوع فإن النوع الأول يغير طريقة استخدامه للموطن الصغير. وحينما تزداد كمية المواطن الصغيرة المكشوفة عن طريق قطع الشجيرات فإن فأر الكانجارو، الذى يفضل فى الأحوال العادية البحث عن الغذاء فى مساحة مكشوفة واسعة، تزداد كثافته (عدد الأفراد بالنسبة لوحدة المساحة) هناك كما هو متنبأ. وعموماً يقترح بحث برايس بقوة أن التنافس له تأثير حاسم فى المحافظة على الاختلافات فى تفضيلات المواطن الصغيرة بين أنوا ع هذه الرابطة.

هناك منظومات قليلة قابلة للتلاعب فيها على غرار منظومات الأنولات والقوارض الصحراوية. ورغم هذا فإن عدد التجارب الميدانية الباحثة عن وجود التنافس ازدادت بدرجات هائلة فى السنوات الحالية. وهناك أكثر من ١٥٠ دراسة رتبت حديثاً فى جدول داخل بحث تجميعى قام به توماس سكوينر وهو ايكولوجى ميال إلى التنظير أجرى مثل رفجاردن بحثاً ميدانياً رفيع المستوى على السحالى. وفى تلك الدراسات المائة وخمسين اكتشف التنافس فى الغالبية العظمى من الحالات. فالنباتات وآكلات اللحوم والمغتذون على الرحيق والمغتذون على البذور والمغتذون على القمامة يتنافسون فيما بينهم غالباً بدرجة أكبر مما تفعل آكلات العشب.

وتقترح نتائج الأبحاث هذه أن الآراء المختلفة بين الايكولوجيين حول تواتر وقوة التنافس قد تستمد جزئياً من مجموعة الكائنات التى يستخدمونها فى أبحاثهم. فجيرد دياموند وجون رفجاردن وتوماس سكوينر وآخرون ممن استشعروا أن التنافس مهم للغاية أجروا أبحاثهم، عموماً، على الفقاريات وعلى آكلات اللحوم فى أغلب الأحوال. بينما دان سمبرلوف، ودون سترونج وتشارلز بيرش وكاتب هذه السطور وآخرون ممن كانوا حاسمين فى التأكيد على التنافس أجروا تجاربهم، مثلما فعلت، على الحشرات آكلة العشب – وهى جماعة تشكل كتلة رئيسية من التنوع العضوى ويبدو التنافس فيها غير مهم نسبياً.

فى الحشرات آكلة العشب قد يحدث التنافس فى أحوال كثيرة لكنه قد يكون أيضاً ذا تأثير بسيط فمثلاً أجريت دراسة دقيقة على رابطة مكونة من ١٣ حشرة ثاقبة لسيقان النباتات – وهى يرقات الخنافس والذباب والفراشات – تهاجم النباتات

الأصلية فى برارى إلينوى. واكتشف تصادم التنافس، ولكن بين يرقة خنفساء ويرقة فراشة فقط. وكانت الأخيرة دائماً وتقريباً تضار وتقتل بالفعل أينما يتقابلان معاً. ورغم أن التنافس كان موجوداً فمن الجلى أنه كان محصوراً بشدة وضعيفاً للغاية بحيث أنه لم يكن ذا مغزى فى تشكيل المجتمع. ونتيجة لهذا أبدت الرابطة إشارة واهنة على اقتسام المورد الغذائى. ولذا فمن المفترض أن الفراشات ستستمر فى التواجد مع الخنافس رغم الصدامات المميتة العارضة.

ولكن لماذا لا يلعب التنافس دوراً مهماً فى مجتمعات الحشرات آكلة العشب؟ يبدو أن عدم أهمية التنافس النسبية ترجع إما إلى العوامل الطبيعية أو إلى المفترسات التى تبقى العشائر صغيرة بدرجة كافية حتى لا تقلل على نحو خطير وجود الموارد الغذائية، والتى تظل فى المعتاد وافرة بدرجة زائدة نسبياً عن احتياجات المفترسات المحتملين. والتنافس يحدث فقط إذا استخدم كائنان حيان نفس المورد المحدّد. تذكّر، مثلاً، تأثير الطقس على حجم عشائر فراشة ايديث الشطرنجية. وفى خلال خمس وعشرين سنة من المراقبة لم نلاحظ أبداً أن عشائر فراشة الخليج الشطرنجية فى جاسبر ريدج أصبحت كبيرة إلى درجة أن كمية الغذاء النباتى غدت محدّدة ومسببة لتنافس الأنوا ع على الغذاء فيما بين يرقات تلك الفراشات الشطرنجية. فالأغذية النباتية وفصول الطيران المختلفة تحول بشدة دون تنافس الأنوا ع بين فراشة الخليج الشطرنجية وقريبتها اللصيقة فوق سلسلة التلال وهى الفراشة الشطرنجية العقيقية.

يحاول الايكولوجيون الآن دمج التنافس مع عوامل أخرى فى نظرية عامة عن نمو المجتمعات. وقد وضع رفجاردن نقطة البداية بإيجاد نظرية رياضية متعلقة بالتطور المشترك للمتنافسين، ربما تفسر بيوجغرافيا الأنولات فى جزر ليسر أنتيللز. وتفترض النظرية حدوث تحول مستمر لأنوا ع الأنولات فى كل جزيرة. وتفترض غزو نوع ضخم لجزيرة كان يحتلها من قبل نوع واحد ذو "حجم وحيد" متوسط – حجم أمثل بالنسبة لاستغلال كل الموارد الحشرية المتاحة كغذاء. حينئذ يصبح التنافس غير متماثل ولصالح الغازى الأكبر حجماً، طالما أن الحجم الأفضل لاستغلال فونا الحشرات بواسطة مفترس وحيد ليس بالشئ الأفضل حين يظهر مفترس أكبر حجماً (فالغزاة الأصغر حجماً لا يقدمون على هذا لأنهم مبعدون عن المنافسة من جانب المقيم). ويبدأ الغازى الأضخم تطوراً باتجاه الحجم الأصغر الأمثل. ويطور المقيم الأصلى كذلك حجماً أصغر استجابة لمنافسة الأضخم الجديد – والذى، بمعنى ما، يدفع المقيم إلى ما تحت الحجم الأمثل. وفى أخر الأمر يُبعد النوع الأصغر كلية، ويصبح الغازى الجديد بمفرده، وبالحجم "الوحيد" – حتى يستأنف غاز أكبر تال الدورة. وهكذا فالأمر المتوقع هنا أن التطور المشترك التنافسىّ يقيّد التنوع ويجعل من احتلال جزيرة بواسطة أفراد رابطتين حالة مؤقتة.

تفسير رفجاردن لوضع الأنولات الحالى فى سان مارتين هو بالتالى أن واتسى فى ـ الضوئى)، والافتراس شديد، والتنافس منخفض، وتداخل البيئة الملائمة الأساسية يمكن أن ينمو. أو، على العكس، أن التنافس فى المناطق الاستوائية مطالب حقاً بأن يكون شديداً لكن الإنتاجية العالية تتيح لأنواع كثيرة ذات بيئات ملائمة ضيقة أن تتواجد معاً.

ثمة أمر واحد مؤكد تماماً - وهو أن التنوع المتزايد فى المناطق الاستوائية ينتج عن وجود تنوع أكثر لأساليب الحياة، وليس بالضبط عن توالد أنواع تشغل بيئات ملائمة مشابهة للبيئات التى تشغلها خارج المناطق الاستوائية. وقد أشار جوردون أوريانز بجامعة واشنطون إلى أن كثيراً من التنوع المتزايد للطيور فى المناطق الاستوائية يمكن أن يُعلَّل بوجود آكلات الثمار وممتصّى الرحيق وآكلات الحشرات التى تستقر بهدوء فوق أفرع الأشجار وهى تبحث عن فريستها، ثم تحوم بعدئذ ملتقطة فريستها بعيداً عن أوراق الأشجار القريبة. كل واحدة من تلك البيئات الملائمة نادرة نسبياً خارج المناطق الاستوائية، ولكن الوفرة الشديدة للثمار والرحيق والحشرات فى المناطق الاستوائية تجعل أساليب الحياة هذه ممكنة، والأمر بالضبط مثل التشكيلة الأوسع لأقصى حد من أنواع النبات التى تخلق فرصاً لأنواع أكثر من الحشرات آكلة العشب. ومن الواضح أن التنوع يولد التنوع، ولكن كيف ولماذا يظل إدراك العملية عسير المنال. إن الفدان الواحد من غابة استوائية يحتوى غالباً على عدة عشرات من أنواع الأشجار الكبيرة، وكلها من حيث الجوهر تفعل نفس الشئ - فلماذا لا يكون نوع واحد خبيراً فى الحصول على ميزة الدفء ووفرة ضوء الشمس والرطوبة؟ قد تكمن الإجابة فى المرض الأشد وطئاً وقابلية الزراعات الأحادية (أشجار من نوع واحد) للإصابة بالآفات. غير أنه ليس هناك سبب واحد مؤكد.

مازال هناك الكثير فيما يتعلق بمعرفتنا عن التنوع الاستوائى. ما هى علاقة التنوع بالاستقرار؟ إن عدداً من الروايات الجديرة ظاهرياً بالتصديق يمكن أن تنشأ لتفسير لماذا ينبغى أن تكون المجتمعات الغنية بالأنواع مستقرة. وإحدى المشاكل المتفاقمة فى تلك الروايات هى أن مصطلحى "التنوع" و"الاستقرار" خاضعان لتفسيرات مختلفة. هل يعتبر التنوع مجرد عدد الأنواع فى مساحة ما، أم ينبغى أن تؤخذ وفرة الأنواع النسبية فى الاعتبار؟ هل يُعتد بالسمات المميزة لأفراد المجتمع؟ هل مجتمع آكلى عشب مكون من مائة بقرة ومائة حصان هو مجتمع متنوع مثله مثل مجتمع مكون من مائة بقرة ومائة جرادة؟ وهل يكون المجتمع مستقراً طالما أن تركيبه النوعى لم يتغير؟ أو، هل ينبغى أن يكون ثبات أحجام العشائر عاملاً محدِّداً؟ - قد تكون القدرة على العودة إلى حالة سابقة إثر تغير (المرونة) هى السمة المحددة لمجتمع مستقر. ومن ناحية أخرى ربما يكون مقاوماً للتغير فى المقام الأول، ومقاوماً لاستقرار الأداء الوظيفى للنظام البيئى الذى يعتبر جزاءاً منه (سنتابع مناقشة هذا فى الفصل التالى).

رغم تلك التعقيدات حدث تقدم في فهم إلى أي مدى يكون التنوع والاستقرار مرتبطين في المجتمعات الطبيعية. وهناك مثال كلاسيكي على ذلك وهو دراسة قام بها روبرت بين بجامعة واشنطون على مجتمع في المنطقة الصخرية الخاضعة للمد والجزر بشاطئ المحيط الهادى، حيث فحص مجتمعاً مكوناً من خمسة عشر نوعاً من البرنقيلات والبطلينوسات وبلح البحر وحيوانات صدفية أخرى تعلق بالصخور، وتُهاجَم جميعها من جانب نوع واحد من نجم البحر. وأوضح أنه حين أزيل ذلك المفترس فقد المجتمع استقراره وهبط تنوعه إلى ثمانية أنواع فقط. وبمجرد أن أبعد المفترس أصبح التنافس هو التفاعل السائد - فبعض أنواع الفرائس السابقة ضاق عليها المكان فأخرجت الآخرين منه. وهكذا فإنه في هذا النظام أثَّر الافتراس من أجل الإبقاء على التنوع. فإزالة نجم البحر تسببت في انخفاض محدود لتنوع المجتمع بكامله (الذى قل آنئذ نوعاً واحداً). على أن نجم البحر كان المفترس الرئيسي في النظام وأدى غيابه إلى فقدان استقرار مجتمع الفرائس وتسبب في انهيار أكبر للتنوع.

يمكن لأنواع الأشجار أن تلعب الدور الرئيسيّ المشابه في الغابات الاستوائية. فحول محطة أبحاث هيئة الدراسات الاستوائية في فنكا لاسيلفا بكوستاريكا تعتبر شجرة الظلة وهي كاسيريا كوريمبوزا ذات أهمية بالغة في الحفاظ على تنوع مجتمعات الطيور. ورغم أن طائراً واحداً فقط آكلاً للثمار هو، في الواقع، ناثر فعال لبذور الكاسيريا إلا أن ٢١ نوعاً آخر من الطيور تتغذى على ثمار الكاسيريا، وتعتمد عليها بالكامل تقريباً عدة أنواع أخرى خلال فصل واحد من السنة نادر الثمار. وإن اختفت الشجرة فلن يتلاشى بعض أنواع الطيور فحسب بل ربما تختفي أيضاً نباتات أخرى تعتمد على نفس الطيور لنثر بذورها. والكاسيريا مثال كلاسيكي على متكافل رئيسي - أيْ نوع تعتمد عليه أنواع أخرى كثيرة من أجل تفاعلات مفيدة.

هناك أمثلة من أحجار زوايا الغابة الواضحين بدرجة أقل وهي النباتات العشبية التي توفر الرحيق لإعالة الأطوار البالغة من رابطة زنابير دقيقة الحجم تتطفل يرقاتها على الحشرات آكلة العشب. والأخيرة ذات تأثير هائل على أشجار الغابة خلال فترة تجرد الشجر من الأوراق. ومن دون نباتات الرحيق (وبالتالي من دون الزنابير) من المفترض أن يكون الضرر الواقع على الأشجار شديداً لأقصى حد.

إن وجود أصناف مختلفة من الأنواع التي تشكل أحجار زوايا، وكثير منها مازال غير محدد بلا شك، أرشد الايكولوجيين إلى استنتاج أن اختلال النظم البيئية قد يحدث تأثيرات بالغة الشدة لا يمكن التنبؤ بها. فمثلاً، الفرز الجائر (إزالة الأشجار ذات القيمة الاقتصادية دون غيرها من غابة) قد يكون له تأثير ضار جداً على تنوع الكائنات الحية في الغابة بدرجة أكبر مما قد يبدو للوهلة الأولى لو أن نوعاً رئيسياً (حجر زاوية) مثل الكاسيريا كان مستخدماً.

ولسوء الحظ فالأنواع الرئيسية يمكن التعرف عليها بشكل غير نهائى فحسب بعد أبحاث مكثفة. وإثبات هذا التعرف غير النهائى يتطلب تجربة غير مقبولة – وهى إبادة النوع الرئيسى المفترض، وملاحظة ما إذا كان غيابه يسبب درجة ما من انهيار النظام البيئى. والحق أن هناك مشكلة مزدوجة فى دراسة استجابة المجتمعات والنظم البيئية للاختلالات: وهى الصعوبة الإجرائية فى خلق اختلالات خاضعة للسيطرة بدقة، وتبريرها أخلاقياً. وهذه المشكلة تبتلى أيضاً أبحاث العلاقة بين التعقد والاستقرار.

ازدياد فهمنا لكيفية احتشاد المجتمعات والمحافظة عليها هو بالتالى أحد التحديات الأكثر صعوبة والمثيرة بالنسبة للايكولوجيين. ولكن هل يوجد حقاً مغزى كبير فى ايكولوجيا المجتمعات غير ذلك التحدى الملازم لتفسير كل ألغاز الطبيعية؟ الإجابة أنه يوجد مغزى كبير بالطبع. وكما سنرى فى الفصل التالى فإن المحافظة على المجتمعات البيولوجية مهمة بشكل حاسم لاستمرار حضارتنا – كما أن فهم كيف تأسست المجتمعات الطبيعية وكيف حوفظ على تنوعها ضرورى لوقايتها.

إن المجتمعات فى العالم كله واقعة تحت عدوان العشائر البشرية المتزايدة باستمرار وأنشطتها. وأحد أشكال الاعتداءات يتضمن تغيير تركيب المجتمعات الطبيعية من خلال إدخال كائنات حية غريبة. وأنشطة مثل تمهيد الطرق عبر المجتمعات البيولوجية لإقامة الضواحى، وتقليب الأرض الحدِّية من أجل المزارع، والرعى الجائر، وإزالة الغابات، وتوليد الأمطار الحمضية تبدو جميعها بالمقارنة اعتداءات غير مهمة نسبياً حتى وإن تسببت فى دمار العديد من المجتمعات الطبيعية وخلّفت مشاكل لا تحصى للبشرية. وإدخال التين الشوكى إلى استراليا كان مثالاً تاريخياً مهماً، لكن هناك أمثلة أخرى كثيرة. وتلك الاعتداءات مستمرة – فالذبابة المتوسطية والذبابة المكسيكية وكرمة الكورزو وسمك السلّور المتجول جميعها كائنات مُدخَلَة أوجدت الغرباء منذ عهد قريب فى أمريكا الشمالية. والحق أنه مثلما أصبح البشر يتنقلون بدرجة كبيرة فالأرجح أن النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة سوف تحذو حذوهم.

وعدا ذلك فإننا نواجه الآن صورة الكائنات المهندسة وراثياً، المُدخلة إلى المجتمعات الطبيعية بمعدلات متزايدة. وتشير خبرة الماضى إلى أنه يتحتم بذل عناية أكبر قبل إجراء الإدخالات. واحدى الكائنات المهندسة الأسبق من حيث الزمن هى الماعز الأليفة – و"الهندسة" كما فى الكائنات المستأنسة الأخرى تنجز عن طريق انتخاب اصطناعى (توليد انتقائى) طوال سياق من آلاف السنين. فإدخال الماعز تحت رعاية الإنسان كان عاملاً رئيسياً فى تدمير حوض البحر المتوسط، وجعل مشهد الماعز يبرز فى الأرض التى كانت يوماً ما غنية بالأشجار والمياه.

المخاوف من أن الجيل الجديد من المهندسين الوراثيين والضفائر الجينية التى تستخدم فيها تقنية الدنا المتأشّب سوف يوجدان كائنات حية خارقة بإمكانها إحداث تمزقات كارثية، هذه المخاوف مبالغ فيها بالتأكيد. وحتى خلق معادل بكتيرى للماعز يبدو غير محتمل، كما يبدو خلق ممرض مهلك على نطاق واسع مستحيلاً بحكم الواقع. والكائنات الحية المخترعة بأساليب جديدة إن كانت ستتسبب فى مشاكل خطيرة واسعة الانتشار فإنها ستجبر على أن تصبح منافسة أرفع مقاماً ومقاومة نسبياً للافتراس. وستضطر إلى أن تصبح سائدة فى عالم آهل من قبل بتنوع واسع من الكائنات الحية التى اختبرت بدقة وإحكام من جانب التطور. ورغم ذلك فالجيل الجديد من مهندسى الوراثة يمكن أن يساهم حقاً فى كوارث ايكولوجية محصورة أو مؤقتة.

المزيد من فهم المجتمعات مطلوب كى يسمح بتقييم مناسب للمخاطر الناجمة عن الإدخالات. ومن الوجهة المثالية ينبغى أن نكون قادرين، مثلاً، على تقييم "مقاومة الغزو" من جانب مجتمع ما. ومعروف الآن من تغير حجم العشيرة ونظرية الوراثة، ومن تجارب النقل والتنافس أن الجهود من أجل منع الإدخالات لا يتحتم بالضرورة أن تكون مضمونة كى تصبح فعالة. فلو أن بضع أفراد من نوع دخيل اجتازت عزلة إلزامية فقد تفشل فى إيجاد عشيرة والدفاع عنها، إما بسبب الصعوبات غير الاستثنائية التى تواجه العشائر الصغيرة أو – وهذا هو الأكثر أهمية فى هذا السياق – بسبب وجود مفترسات أو منافسين معينين (أو حتى – وكما تتذكر – لأن حصيلة التنافس قد تُحدَّد بالنسب الأصلية للمتنافسين).

حالما تصبح آفة راسخة (أى أن يُصبح كائن حى متغذياً على الإنسان أو منافساً له أو متصادماً معه) فإن قرار كيفية مقاومتها، بالحد الأدنى من الخطر على البشرية وعلى الكائنات الحية المقيدة، يعتمد على معرفة بنية المجتمع. وحتى اليوم فإن كل الاستجابة، غالباً وبدرجة أكبر مما ينبغى، هى بالضبط بلّ الآفة بمبيد حشرى "ملائم"، أو خلافاً لهذا محاولة استئصالها. وبالطبع فإن محاولات إبادة الآفات كثيراً ما تتسبب فى نمو المقاومة وتدمير عشائر غير مقصودة وإلحاق أخطار مباشرة بالبشرية. وفى المقابل فإن المنفذ السليم ايكولوجيا يعرف باسم الإدارة الموحدة للآفات أو **IPM** . وفى الـ **IPM** ينظر للآفة الراسخة سواء أكانت الملاريا أم دودة الذرة أم طائر الزرزور كجزء من مجتمع ايكولوجى، وتستخدم تقنيات ليس بهدف إبادتها (وهو الأمر المستحيل على أية حال) بل بإبقاء حجم عشيرتها دون المستوى الذى تستطيع عنده إحداث ضرر ذى مغزى.

فى أحوال كثيرة تستطيع الإدارة المقنعة أن تفلح فى تعديل المجتمع بتشجيع المفترسات التى تتغذى على الآفة. فمثلاً فى ولاية واشنطون أوقف الرش المكثف بتشكيلة من المبيدات الحشرية لبساتين التفاح انتشار فراشات التفاح المستطيل وآفات

أخرى لعدة سنوات، وكان الرش يتم بمواد كيماوية جديدة تستبدل كلما أصبحت الآفات الحشرية مقاومة. ومع هذا ففى النهاية أصبح نوع من الآفات وهو حَلَم العنكبوت منيعاً بشدة للمقاومة الكيماوية.

ورداً على هذا وُضع برنامج من جانب IPM كان هدفه فى المقام الأول حماية حلم آخر كان مفترساً مهماً لحلم العنكبوت. ومن المفارقات أن البرنامج حمى أيضاً نوع آفة من حلم العنكبوت نادراً نسبياً وهو حلم صدأ التفاح. وتم هذا لأنه آفة غير خطيرة، ويعمل كمصدر غذاء بديل مهم للمفترس حين تكون الآفة الرئيسية وهى حلم العنكبوت نادرة. وعليه فحلم صدأ التفاح يساعد فى الإبقاء على عشائر المفترس عند مستوى مرتفع بدرجة كافية حتى يحول دون انفجارات النوع الخطير من الآفة. لقد قدم فهم المجتمع نظام مقاومة مقنعاً حيث فشل الرش واسع الانتشار.

غير أن تأثير الآفات وأثر محاولات الإنسان للسيطرة عليها هما بالضبط أحد العوامل المهددة للمجتمعات الطبيعية الآن. ومن المحتمل، بالطبع، أن يغير الفعل المدمر لأقصى حد والذى قد تقترفه البشرية وهو الحرب النووية واسعة النطاق التى تستهل شتاء نووياً، من المحتمل أن يغير هذا الفعل معظم أو كل المجتمعات البيولوجية بدون تمييز. ولكن حتى بدون تلك الكارثة فإن تدمير المجتمعات بسبب أنشطة الإنسان يقترب الآن من مستويات لا تحتمل.

ونتيجة لهذا تواجه البشرية بمشاكل خطيرة ومتفاقمة متعلقة بالمحافظة على التنوع البيولوجى. وعلى الرغم من أن قليلاً من الناس يدركونه فالتنوع مطلوب بصورة لا غنى عنها للوفاء بمجموعة متنوعة من حاجات الإنسان تتراوح بين الاحتياجات المتعلقة بالغذاء والدواء والمنتجات الصناعية والإشباع الجمالى إلى الدعم بالخدمات الأساسية التى توفرها النظم الايكولوجية.

بيولوجيا الوقاية فرع معرفى من فروع الايكولوجيا يحاول تطوير استراتيجيات ثابتة للتغلب على المشكلة العصية الخاصة بوقاية واستعادة التنوع العضوى. والمهمة الأولى لبيولوجيىّ الوقاية هى محاولة فهم التغيرات التى تحدث فى بنية المجتمعات – مثلاً فى علاقة المفترس – الفريسة وعلاقة منافس بمنافس – كلما أصبحت هذه المجتمعات مبسطة ومجزأة أكثر فأكثر. والتعرف على المتكافلات الرئيسية ووقايتها (أو إحياؤها) وعلى المفترسات الرئيسية ربما يكون الخطوة الأولى الحاسمة فى حل كثير من مشاكل الوقاية.

تعقيدات بنية ووظيفة المجتمع، بالتالى، ذات شأن خطير أبعد كثيراً من مجرد تهيئة أرضية تمرس عقلى لإرضاء الفضول الفكرى للايكولوجيين.

وبالاختبار عن طريق العينات لما يعرفه وما لا يعرفه الايكولوجيون عن كيفية تنظيم المجتمعات فإن الوقت قد حان للتحرك خطوة واحدة نهائية داخل التعقد. وحتى رغم الأسرار الكثيرة التى لا تزال تكتنف تنظيم المجتمع فحين ينظر للمجتمعات بوصفها أجزاء من نظم، تتضمن البيئة الطبيعية وخواصّ إضافية مهمة وتفاعلات، تنبثق آنئذ مشاكل كامنة.

## الفصل السابع

# نظم دعم الحياة

## إيكولوجيا النظم البيئية

كل البشر وفعالياتهم مدمجون في ومعتمدون على النظم البيئية لكوكبنا. والنظم البيئية هي آلة الطبيعة، الآلة التي تدعم حيواتنا. وبدون الخدمات المقدمة من النظم البيئية الطبيعية تنهار الحضارة وتصبح حياة الإنسان غير محتملة.

النظام البيئي يشمل البيئة الطبيعة وكل الكائنات الحية في مساحة ما إلى جانب شبكة تفاعلات هذه الكائنات الحية مع تلك البيئة الطبيعية ومع بعضها البعض. ولو قلت إن هذا التعريف تعريف محكم فقد يبدو قولي سلساً جداً وعلمياً - لكن ماذا يعني بالضبط؟ لتحسس النظم البيئية دعونا نبدأ بإمعان النظر في نظام بيئي فعلي بدرجة ما من التفصيل - نظام دُرس بدقة بالغة نسبياً وقد يكون مألوفاً لكم من مشاهدة أفلام الطبيعة - وهو نظام سيرينجيتي البيئي الواقع شمالي تنزانيا وجنوبي كينيا في شرق أفريقيا. والنظام مكون من سهول وسافانات (أراض منبسطة ذات أشجار متناثرة) وغابات مكشوفة، ويشمل كثير من النشاط الدائر فيه كائنات حية كبيرة تشاهد بسهولة نسبياً. وهو علاوة على ذلك نظام مهم يوضح كيف تترابط معاً كثير من المبادئ التي ناقشناها في الفصول السابقة.

نظام سيرينجيتي البيئي قائم بذاته تقريباً، وهو هضبة مساحتها حوالي ١٠,٠٠٠ ميل مربع (قدر مساحة ولاية ميريلاند تقريباً)، تحدها من الشرق جبال بركانية ومن الجنوب والجنوب الغربي غابات صخرية ومساحات مزروعة، وتحدها من الغرب بحيرة فيكتوريا ومن الشمال الغربي والشمال أراض مزروعة ومنحدر حاد. وتقع الهضبة جنوب خط الاستواء بالضبط ويصل ارتفاعها إلى ٦,٠٠٠ قدم تقريباً من ناحية الشرق وتنحدر غرباً نحو بحيرة فيكتوريا بارتفاع ٤,٠٠٠ قدم. والجبال التي تحد سيرينجيتي من ناحية الشرق تشمل فوهة بركان نجورونجورو الشهيرة. وبالقرب من الجبال تحتوي هضبة سيرينجيتي على سهول عشبية واسعة. وعند نقطة أبعد ناحية الغرب تفسح تلك السهول مجالاً برفق لتلال منخفضة مغطاة بغابة متناثرة من أشجار السنط تشكل الجزء الغربي من النظام.

على أن نظام سيرينجيتي البيئي معاين على نحو أفضل لا من الوجهة الطبيعية بل بوصفه المنطقة المتأثرة بالقطعان الضخمة المهاجرة من نوع واحد لحيوان رعي كبير هو البقر الوحشي (ويسمى أحياناً النوّ ذو اللحية البيضاء) - وهو تيتل عجيب الشكل له

عرف طويل ولحية بارزة وحدبة فوق الكتف وقرون مثل قرون الجاموس. والنظام متميز بوجود الحشد الأخير الهائل من الأنواع ذوات الحوافر (الثدييات الحافرية) عنه فى أى مكان آخر فوق هذا الكوكب - فعلاوة على البقر الوحشى الذى يعتبر سمته المميزة يتوافر الزراف والجاموس الأفريقى وظباء طومسون والإمبالات والخنازير البرية (خنازير أفريقيا القاحلة المشاكسة والآسرة والتى لها حجم الكلب الصغير) وغيرها. وهذه الحيوانات بعضها مهاجر والبعض الآخر غير مهاجر، وهى تتغذى على الأعشاب ونباتات أخرى فوق الهضبة، وتفترس بدورها بواسطة الأسود والنمور الرقطاء والفهود الصيادة والضباع والكلاب الصيادة.

ورغم أن نظام سيرينجيتى البيئى قائم بذاته نسبياً فإن نظماً بيئية أصغر مثل السهول أو غابات أشجار السنط يمكن أن تحدَّد داخل نطاقه. والواقع لو أراد المرء فهم الأنشطة الايكولوجية التى تحدث فى غابة صغيرة واحدة، فحسب، من أشجار السنط أو فى التربة تحت ياردة مربعة من الأرض العشبية، فإن هذين الموقعين يمكن دراستهما أيضاً بوصفهما نظامين بيئيين، وبمقياس أضخم فإن أفريقيا وحتى الغلاف الجوى بكامله يعتبران نظامين بيئيين، طالما أنهما يشتملان على مجتمعات من الكائنات الحية تتفاعل مع بيئتيهما الطبيعيتين، وأنه توجد صلة مستمرة بين هذه المجتمعات من خلال الأقسام الهوائية لدورتى الماء والمغذيات. لهذا ونحن نتأمل سيرينجيتى بمزيد من التفصيل تذكر أنها خليط بالفعل من أنظمة أصغر وأنها فى حد ذاتها جزء من أنظمة أكبر بكثير.

مثلما هو الحال فى كل نظام بيئى فالقيود الواضحة التى يعمل فى نطاقها نظام سيرينجيتى وضعت بموجب بيئته الطبيعية. وبموقعها الاستوائى فإن العامل الرئيسى فى تلك البيئة الطبيعية، العامل المحدد لنمو النبات، ليس درجة الحرارة، الثابتة تقريباً، وإنما الرطوبة، التى تتوفر بفضل هطول الأمطار المتقطع والموسمى. والمطر بدوره محكوم بتحركات ظاهرة أرصادية تسمى نطاق التلاقى الاستوائى. وهو نطاق يتحرك للخلف وللأمام عبر خط الاستواء متخلفاً عن تحركات الشمس بنحو ستة أسابيع.

حين يتحرك نطاق التلاقى الاستوائى جنوباً فى أواخر الخريف يجلب بعض الرطوبة من الشمال الشرقى وهى التى تنتج عنها كمية صغيرة من الأمطار تبدأ فى نوفمبر تقريباً. والمطر الذى ينهى فصل الجفاف ويغذى محصولاً جديداً من الأعشاب يدوم أحياناً حتى يناير فقط، ولكنه قد يستمر حتى مارس. وبعدئذ تجلب حركة النطاق نحو الشمال رياحاً محملة بالرطوبة قادمة من الجنوب الشرقى. وهذه الرياح التى تنشأ فوق المحيط الهندى توفر أمطاراً أثقل تمتد من مارس حتى مايو متيحة الفرصة لنضج الأعشاب. أما فصل الجفاف فهو يمتد من يوليو حتى أكتوبر، وخلاله تذوى الأعشاب

حتى الجذور. وتُحدث التلال الشرقية تأثير الغمام الممطر، ولذا فإن معدل سقوط الأمطار فى موسم هطول الأمطار الرطب يتراوح من ٢٠ بوصة فى الجنوب الشرقى إلى ٣٠ بوصة فى الشمال الغربى. ويبدى موسم هطول الأمطار الجاف نمطاً جغرافياً مماثلاً يتراوح من أربع بوصات فى الجنوب الشرقى إلى اثنتى عشرة بوصة فى الشمال الغربى. وما يترتب على هذه الأنماط الموسمية والجغرافية لهطول الأمطار هو تغير مناخى أطول أجلاً غير مفهوم المصدر بصورة جيدة. فمثلاً، بالنسبة لعقد على الأقل قبل عام ١٩٧١، كان معدل سقوط الأمطار فى موسم هطول الأمطار الجاف فى الغابات الشرقية لسيرينجيتى أقل بأربع بوصات تقريباً عن السنوات من ١٩٧١ حتى ١٩٧٦.

يحدد المناخ لحد بعيد نوع النظام البيئى الذى يمكنه شغل مساحة ما. وهطول الأمطار فى إقليم سيرينجيتى ليس كافياً لدعم غابة ذات أشجار متقاربة الحيز، ولن نتحدث بالطبع عن النمو المرفّه لأشجار الغابة الاستوائية المطيرة. ومن جانب آخر فالرطوبة فى الإقليم وافرة أكثر مما ينبغى بما يسمح بسيادة النباتات الصحراوية الأصلية.

لكن علاوة على المناخ تلعب التربة دوراً حاسماً فى تحديد نوع النظام البيئى الموجود فى مكان ما. وفى سيرينجيتى توفر القدرات المختلفة للاحتفاظ بالماء للتربات المختلفة تنوعاً مكانياً مهماً، ولكن بدرجة أقل مما تفعل الفروق المناخية. وعلى امتداد قمم سلسلة الجبال لا تستقبل التربات رطوبة أو مغذيات من المنحدرات وتستطيع ادخار رطوبة قليلة نسبياً، وفضلاً عن هذا تميل المغذيات إلى أن تُرشح خارجة منها. وأسفل قمم سلسلة الجبال تستبدل التربات فقيرة المغذيات بسلسلة من أنواع التربة المتوسطة تحيل المنحدرات إلى تربات غنية بالمغذيات ومحتفظة بالماء الذى يترسب من المياه الجارية فى الوديان.

ثمة سلسلة تربات متدرجة بانتظام تمتد أيضاً عبر سهل سيرينجيتى. وهذا السهل تكون أصلاً بفعل رواسب المواد البركانية المنقولة بالتجوية الهوائية من سلسلة الجبال الشرقية التى تشمل نجورونجور. والغبار المتساقط مصدره المواد الأخشن قرب قواعد البراكين، وقد كون هنا تربات مسامية مرشّحة بسهولة. وفى مكان أكثر بعداً من السهل ناحية الغرب وفى الشمال الغربى منه، حيث المواد الأصغر كونت الرياح بواسطة تلك المواد تربة متراصة على نحو شديد للغاية (مكبوسة) وممتصة لحد كبير. وعليه فحيوانات الرعى بإمكانها "التنقل عبر التدرج" بالارتحال من قمة سلسلة جبلية إلى واد، أو بالهجرة إلى الشمال أو الغرب - وفى أية حالة بإمكانها الانتقال نحو التربات المحافظة على الرطوبة بصورة أفضل، والتى تدعم بدورها الرعى المغذى لفترة أطول من الوقت.

قلنا الكثير جداً عن الجانب الطبيعي من نظام سيرينجيتي البيئي. والآن لنتأمل الشبكات الغذائية التي تميز جانبه البيولوجي. إن آكلات العشب الكبيرة، وهذا أقل ما يقال، عنصر رئيسي في سيرينجيتي. والنظام في هذا الشأن نادر جداً الآن، ولكنه لم يكن هكذا منذ مليوني سنة. فخلال عصر البلستوسين طافت قطعان كبيرة من الحيوانات الحافرية بكثير من سطح يابسة الكرة الأرضية. وفي أمريكا الشمالية كانت الجمال والخيل والبيزونات والماموثات (ضمن حيوانات أخرى) تصطاد بتنويعه من المفترسات تشمل القطط المسيفة الأسنان. والدب الضخم والبيزون والكركدنات ذات الصوف والماموثات كانت أيضاً جانباً من المشهد الأوربي، وزودت بالطعام مجموعة متنوعة من حيوانات الصيد تشمل الأسود. بمعنى ما لا يوفر نظام سيرينجيتي البيئي مثالاً دقيقاً لنظام بيئي معاصر فحسب بل يفتح نافذة على الماضي - لمحة عن عصر البلستوسين.

يعيش أكثر من مليون من الأبقار الوحشية داخل نظام سيرينجيتي. وهي تجتاز هجرات مشهدية وواسعة للعثور على الماء والعلف ذي النوعية الأجود. وخلال موسم الجفاف تتركز الأبقار الوحشية عادة في غابة الأكاسيا المكشوفة في المناطق الشمالية الغربية الرطبة نسبياً. وقد تضطر إلى التحرك خمسين ميلاً تقريباً في اليوم داخل نطاق مناطق الغابة إن كان الطعام والماء مفصولين بمسافات واسعة، حيث إنها في الأحوال العادية لا تمضي أكثر من خمسة أيام من دون شرب الماء.

عند بداية الموسم الرطب تبدأ الأبقار الوحشية في ترك مرعى الغابات الفقير الذي أُجير رعيه، وتتحرك في أغلب الأحوال تجاه العواصف الرعدية التي تحدِّدها من بعد خمسين ميلا بواسطة الصوت، ومن بعد أكثر من ستين ميلا عن طريق رؤية سحب العاصفة السندانية الأطراف، كي تنتفع بالعشب الذي سينمو بسرعة عقب الأمطار. إن آكلات النبات هذه تنتقل إلى أي مكان ينتج فيه المنتجون. وعندما تشرع أعشاب السهول في تكوين المروج تتحرك الحيوانات شرقاً للتغذي عليها. وتدور بعدئذ من يناير حتى مايو، عادة، على نمط دوران عقارب الساعة خلال السهول الوسطى والشرقية لسيرينجيتي. وعند نهاية الموسم الرطب، وكلما جفت الأعشاب فوق السهول عادت الأبقار الوحشية إلى الشمال الغربي الرطب.

وطريق الهجرة الدائري يعيل القطعان بدرجة أكبر من إعالتها فيما لو بقيت في الشمال الغربي - حيث تتيح لها الهجرة الاستفادة من الإنتاجية المغذية والتي تكاد تكون مؤقتة في السهول الأكثر جفافاً، كما تقلل في الوقت نفسه ضغط الرعي على غابات السنط.

وفى هجراتها تكون الأبقار الوحشية مصحوبة عموماً بالحمير الوحشى وظباء طومسون - والأخيرة تياتل صغيرة الحجم ذات لون بنى محمر فاتح وخط أسود على الخاصرة فوق البطن. ومع ذلك فالأنواع الثلاثة لا تتبع جميعها بدقة نفس الطريق ولا مواعيد تناول الطعام ولا تستخدم نفس الطعام تماماً. ومثل أعضاء فى طوائف أخرى فإن حيوانات سيرينجيتى الراعية المهاجرة (آكلات العشب والحشائش الأخرى بوصفها المقابل للحيوانات الراعية التى تنزع الأوراق والفروع الرقيقة من الشجيرات والأشجار) تتقاسم مواردها. وأثناء الفصل الرطب، فقط، تتركز جميعها فى مكان واحد فى الجزء العلوى (الجنوبى الشرقى) من منحدر تربة السهل مستمتعة بتناول الأعشاب النابتة حديثاً ذات المحتوى العالى من البروتين.

وحين يقارب الفصل الرطب على الانتهاء تكون الحمير الوحشية أول من يتحرك تجاه أسفل المنحدر، حيث تأكل سوق الأعشاب الجافة فقيرة البروتين بالمقارنة مع غذائها السابق. وتأتى الأبقار الوحشية بعد الحمير الوحشية فتتغذى بدرجة أكبر على الأوراق والأغمدة الموجودة عند قواعد الأوراق - وهى أجزاء نباتية تحتوى على بروتين أكثر من سوق العشب الجاف، ويمكن الحصول عليها بسهولة أكثر بعد إزالة الحمير الوحشية للسوق - التى تشكل الطبقة العلوية فى النباتات العشبية.

يأتى بعدئذ دور ظباء طومسون لتحتل جزئياً "المرجة" المجتزة. وتتغذى بشدة على نوع حشائش غنى بالبروتين (فوربات - حشاش غير عشبية)، يمكن الحصول عليه بسهولة بواسطة الحيوانات الراعية السابقة، بالإضافة إلى تغذيتها على الأغمدة والأوراق العشبية. وتمكنها أخطامها الرفيعة من التغذية الانتقائية بدرجة أكبر بكثير من الحمير الوحشية والأبقار الوحشية. وتتحاشى ظباء طومسون مناطق الأعشاب الطويلة غير المرعية، ربما لأن أحجامها الصغيرة (٢٦ بوصة تقريباً عند الصدر بالمقابلة مع الأبقار الوحشية والحمير الوحشية التى لها ضعف هذا الحجم) تجعل من الصعب عليها اكتشاف المفترسات فى المكان. وهكذا علاوة على أن الحيوانات الراعية تجعل الغذاء متاحاً لحد كبير بالنسبة لظباء طومسون فهى أيضاً تخلق لها مواطن أكثر أمناً عن طريق توضيح مجال رؤيتها.

وعليه يميل كل مهاجر إلى تغيير بنية النمو النباتى فى سيرينجيتى بطريقة تفيد من يتبعونه. ولكن نتيجة الاستفادة تثير أسئلة مهمة فيما يتعلق بالايكولوجيا الفسيولوجية للحيوانات الحافرية. فعلى سبيل المثال لماذا يستطيع الحمار الوحشى، وهو حيوان غير مجتر، الحياة على غذاء قليل البروتين وعلى سليلوز أشد صعوبة فى الهضم بأكثر مما يفعل البقر الوحشى وظبى طومسون وكلاهما أعضاء فى عائلة الماشية المجترة؟

دعونى أفسر ما يعنيه هذا السؤال. إن كل الحيوانات الكبيرة (بما فى ذلك نحن البشر) معانة فى عملية الهضم بفعل التخمر الميكروبى فى قنواتها الهضمية. ومع ذلك فالعلاقات الهضمية المفيدة مع المتكافلات البكتيرية والأولية تصل إلى درجة عالية من النمو بصورة خاصة فى آكلات العشب. وبمساعدة الكائنات الحية الدقيقة التى تعيش فى قنواتها الهضمية تستطيع هذه الحيوانات أن تحلل السليلوز غير القابل للذوبان والموجود فى جدر الخلايا النباتية، وأن تستخلص منه الطاقة، وتجعل من السهل الوصول إلى البروتين والمغذيات المجمَّعة داخل الخلية.

ويبدو أن المجترات (الماشية والجاموس والتياتل) لديها الجهاز الفعال بأقصى درجة لاستخدام الكائنات الحية الدقيقة فى المساعدة على استخلاص البروتين من طعامها. وتحتوى قنواتها الهضمية على جزء متسع هو الكرش (المعدة الأولى)، الذى تُمزج فيه المواد الخام النباتية المضوغة والمتكافلات الميكروبية وتحتجز عدة أيام. وقد اكتسبت المجترات اسمها من عادة "مضغ جِرَّاتها" - وهو الاسترجاع الجزئى للطعام المهضوم من الكرش إلى الفم من أجل المزيد من العلك. ومضغ الجرة يزيد مساحة سطح الطعام المعرضة للكائنات الحية الدقيقة والإنزيمات فى الكرش، وتساعد إضافة اللعاب على معادلة الأحماض الناتجة بواسطة عملية الهضم. وبمرور الوقت تكتمل هذه العملية فتهدم الخلايا كلية وتصبح محتوياتها ميسرة للامتصاص فى الأمعاء. إن جهاز الاجترار فعال ولكنه بطىء.

ومع الإقرار بأن المجترات مُعدَّة بصورة جيدة لاستخلاص الغذاء من المادة الخام النباتية الناشفة فكيف يستطيع الحمار الوحشى غير المجتر استخلاص البروتين الكافى وطاقة الغذاء من العلف الغنى بالسليلوز قليل البروتين الذى لا يمكنه إعالة التيتل المجتر؟ إن الهدم الميكروبى للسليلوز عند الخيل (والحمار الوحشى هو أساساً حصان) يحدث فى الأمعاء بعد هضم البروتين فى المعدة البسيطة. ومع ذلك فعملية الهضم فى أمعاء الحصان تكون أسرع بمقدار الضعف منها فى كرش بقرة (ومن المفترض أنها أسرع من عملية الهضم عند التيتل القريب الصلة)، ويمر الطعام فى أجسام الخيل بضعف السرعة تقريباً التى يمر بها فى أجسام الماشية المجترة.

ورغم ذلك فالسر يكمن فى أن الحمار الوحشى قادر على معالجة السوق العشبية قليلة البروتين بمعدل عال يكفى للسماح له بإعالة نفسه، حتى وإن كانت المعالجة تستخرج بروتيناً وطاقة أقل من كل رطل طعام مأكول. وبناء عليه فسرعة الهضم عند الحمار الوحشى تعوض فاعلية الهضم الأقل، ويستطيع الحمار الوحشى أن ينمو بازدهار على طعام من نوعية منخفضة قد تميت تيتل جوعاً - طالما أن الحمار الوحشى يمكن أن يأكل كثيراً من النباتات ذات المرتبة الأقل كلما أراد.

مثلها مثل الحمير الوحشية والأبقار الوحشية تميل ذوات الحوافر غير المهاجرة (المقيمة) إلى تقسيم بيئتها ومواردها في سيرينجيتي. ويتداخل بشدة نطاق اثنين من التياتل المقيمة مع نطاق الجاموس الأفريقي المقيم. وهذان التيتلان هما توبي العنيف ذو الأطراف السوداء والغطاء الصوفي اللامع الأحمر البني الفخم وإمبالا الأملس (ذكورها ذات قرون جميلة للغاية على شكل القيثارة). غير أن التوبيات تسود في السهول المكشوفة ذات العشب القصير، ويحبذ الجاموس المساحات ذات العشب الطويل بينما تفضل الإمبالات غابات السنط. وحين تتغذى الأنواع الثلاثة معاً كما يحدث أحياناً يبدون اقتساماً للمورد: فالجاموس يحشّ الأعشاب بدون انتقاء نسبياً، والتوبيات تأكل الأوراق من الأعشاب متوسطة الارتفاع، بينما تختار الإمبالات الأوراق الخضراء من الشجيرات والأعشاب القصيرة كما تأكل البذور والثمار.

وتتفاعل بالطبع آكلات العشب المهاجرة في سيرينجيتي مع آكلات العشب المقيمة. فمثلاً تحش الحمير الوحشية والتياتل العشب الطويل أثناء مرورها، ربما لمصلحة الإمبالات التي تتجنبه عادة. لكن المهاجرين يجب أيضاً أن يقللوا العشب الإجمالي الميسر للامبالات كي يجعلوها تبدأ في أكل الموارد المحدودة من الأوراق غير العشبية والبذور وقرون البذور والثمار بصورة أبكر، من نواح أخرى، مما هو ضروري.

على هذا النحو تتفاعل آكلات العشب في سيرينجيتي مع بعضها البعض. ولكن ماذا يحدث للنباتات؟ كيف تستجيب لمداعبات آكلات النبات الكثيرة جداً؟ إن التأثير الكلي على مجتمع آكلات العشب في أرض سيرينجيتي العشبية كان موضوعاً لبحث مكثف. ومن هذا البحث نعرف أنه، في المتوسط، تستهلك ذوات الحوافر حوالي ٢٠ ٪ من الإنتاج الظاهر فوق سطح الأرض (وزن المادة الخام النباتية مع استبعاد الجذور الناتجة مقدرة بوحدة المساحة في العام) أي نحو طنين ونصف لكل فدان من النباتات في أراضي العشب الطويل في سيرينجيتي. وبناء عليه فآكلات العشب هذه تأكل حوالي نصف طن من المواد الخام النباتية للفدان في كل عام. ولكن المعدلات قد تكون مضللة (ثمة دعابة قديمة عن إحصائي أغرق في بحيرة متوسط عمقها قدمان فقط). فأثناء الفصل الرطب يكون الطعام متوافراً بشدة – وفي إبريل يُنتج خمس وعشرون مرة تقريباً من كمية الطعام المطلوبة في هذا الشهر. ولكن من يوليو حتى سبتمبر يتراوح الإنتاج من لا شئ (في يوليو) إلى ما لا يزيد إلا قليلاً عن نصف احتياجات الحيوانات الراعية. وبالتالي يكون الطعام في بعض أوقات السنة غير كاف على الإطلاق كزاد وتصبح الوطأة قاسية على كل من الحيوانات والنباتات.

أوضحت الدراسات التي استخدمت فيها المسوّرات (مناطق مسوّرة تستبعد منها آكلات العشب الكبيرة) أن الرعي في سيرينجيتي يزيد تنوع الأعشاب ويقلل في الوقت نفسه معدل ارتفاع أوراق النباتات. ويتسبب الرعي أيضاً في جعل النباتات الفردية

تنتج أفرعاً جديدة (الأجزاء النباتية الظاهرة فوق سطح الأرض) بدرجة أكبر من الجذور، وبهذا يزداد إنتاج ما فوق سطح الأرض. ومع ذلك يظل التأثير الكلى للرعى على إنتاج النبات (بوصفه المقابل للكمية التى تستهلك من ذلك الإنتاج) محل جدال.

من الأهمية بمكان أن رعى الحيوانات مسئول عن الوجود الفعلى للأرض العشبية. فالأعشاب عموماً مقاومة للرعى بدرجة أكبر من الفوربات أو نباتات الشجيرات. وفى الأخيرتين تكون الأنسجة الخاصة المسئولة عن نمو الأفرع الجديدة عند قممهما، حيث تصبح محصنة ضد الإزالة من جانب الحيوانات الراعية. وفى المقابل تكون هذه الأنسجة فى الأعشاب فوق كل عقدة من عقد الساق بالضبط ومن ثم تصبح أقرب إلى الأرض حيث يغدو من الأرجح بدرجة أقل كثيراً أن تؤكل. وهذه المناطق الضعيفة نسبياً محمية أيضاً ومدعومة بواسطة الأغمدة عند قواعد الأوراق. وعلاوة على هذا فإن نصل ورقة العشب لديه منطقة نمو عند قاعدتها، حتى أنها خلافا لأوراق الفوربات تستطيع الاستمرار فى النمو إذا أُكلت قمتها. وفضلاً عن ذلك يحدث التفرع فى الأعشاب أساساً عند مستوى الأرض، ويكون النمو الجديد الناتج فى الغالب ممتداً ومتكاثراً بعيداً عن الطريق، ومن غير المرجح أن تُرعى سوق تنمو أفقياً تحت سطح الأرض أو على امتداد سطح الأرض.

لو هشم نبات عشبى بصورة تامة فإن نسيجه الخاص بالنمو ينمو بسرعة أكبر على جانبه السفلى، وتكون النتيجة أن الأفرع الجديدة تنثنى بسرعة إلى أعلى مراراً. وهذا بالتضافر مع الامتداد عن طريق السوق الأفقية، وقابلية الأوراق التى رُعيت قممها للاستمرار والاستطالة، يجعل الأعشاب مقاومة بشدة للوطأ والرعى الجائر من جانب الحيوانات ذات الحوافر. والنتيجة الإجمالية لوجود القطعان الضخمة من الحيوانات ذات الحوافر فى سيرينجيتى هى أنه يغير بدرجة هائلة العلاقات التنافسية مع النباتات، ويؤكد السيادة المستمرة للأعشاب على الفوربات والشجيرات كما يؤكد ديمومة النظام البيئى للأرض العشبية.

للحيوانات الراعية تأثيرات أخرى مهمة أيضاً. فمثلاً أثبتت العشائر النباتية التى تنمو خارج المسورات الدائمة فى سيرينجيتى أنها مختلفة وراثياً عن العشائر النباتية من نفس النوع داخل المسورات. فالعشائر التى فى الخارج تميل إلى التقزم وإلى النمو قريباً جداً من سطح الأرض نتيجة للضغوط الانتخابية الملازمة للحيوانات الراعية. والحق أن نظام سيرينجيتى البيئى يبدو كواحد من المستودعات القليلة العظيمة الباقية للتراكيب الوراثية النباتية المقاومة للرعى – إنه، بالنسبة للبشرية، مجلد لا تحصى قيمته فى "المكتبة الوراثية" للنظم البيئية الطبيعية.

فى الشبكة الغذائية لنظام سيرينجيتى البيئى تعيل القطعان الضخمة من آكلات العشب بدورها المفترسات الكبيرة: الأسود والنمور الرقطاء والفهود الصيادة والضباع وكلاب كيب الصيادة. ولا عجب فى أن آكلات اللحوم هذه تتقاسم هى أيضاً مواردها، فكل نوع يصيد مجموعة مختلفة نوعاً ما من الفرائس أو يلجأ إلى الصيد بطريقة مختلفة أو يصطاد فى وقت مختلف من اليوم.

والأسود (التى تزن من ٢٠٠ إلى ٤٠٠ رطل) توجد فى سهول وغابات سيرينجيتى على السواء. وهى منظمة فى "زمرات" تتكون عادة من عشرة أسود إلى عشرين أسداً بالغاً أو مقارباً على البلوغ. والزمرات تحكمها اللبؤات، التى تدافع عن الأقاليم ضد الزمرات الأخرى وتطرد الذكور الزائدة شبه البالغة من زمراتها الخاصة. وتتغذى الأسود أساساً على الحمير الوحشية والأبقار الوحشية، حين تكون آكلات العشب المهاجرة هذه داخل نطاق أقاليمها. وفرائسها من بين ذوات الأظلاف غير المهاجرة تشمل بعض الزراف والجاموس (والذى يصبح عادة وخلافاً لذلك فريسة للكائنات البشرية)، علاوة على الخنازير البرية والتياتل غير المهاجرة حين لا يكون المهاجرون حول المكان.

والأسود مفترسات مكمن، تصيد فرائسها فى الغالب ليلاً وتحاول الإمساك بها أثناء عدو سريع قصير. ومع ذلك وكى أكون دقيقاً ينبغى أن أقول إن اللبؤات تصطاد فرائسها، طالما أنها تقوم بالجانب الأكبر الضخم من عملية الصيد من أجل الزمرات – فى حين تضطجع الذكور فى العرين وتتزاوج وتلتهم كمية أكبر من الحيوانات المقتنصة. وخشية أن يصبح القراء الذكور لهذا الكتاب حسودين أكثر مما ينبغى لابد أن أذكرهم بأن ذكور الأسود تكون عادة ملحقة بزمرة بشكل مؤقت فقط، وأنها يجب أن تقوم بالحراسة بصورة مستمرة ضد الذكور الأخرى المتطفلة، والتى قد تطردها من المكان وتتولى أمر اللبؤات وتقتل الأشبال التى أنجبت بواسطتها (تذكَّر الصلاحية الشاملة). والواقع أن الأسود الذكور تقضى الكثير من حياتها فى زمرات غرباء، وتعيش إحدى عشرة سنة فقط مقارنة باللبؤات التى تعيش ست عشرة سنة أو نحو ذلك – فالمعارك حول الإناث تُدفع ضريبتها.

القط الآخر الشبيه بالأسد فى سيرينجيتى هو النمر الأرقط (وزنة يتراوح من ١٧٥ إلى ١٣٠ رطلاً) وهو مقتصر على الغابات ويصطاد فرائس أصغر من فرائس الأسود عموماً. والنمور الرقطاء فردية ومفترسات ليلية تبحث عن فرائسها بالعدو السريع. وتتداخل اختياراتها للفرائس مع اختيارات الأسود عند الحد الأعلى من معدل الحجوم (مثلاً ظباء طومسون والتوبيات والحمار الوحشى من حين لآخر)، ولكنها تتغذى عموماً على التياتل الصغيرة مثل دقدق كيرك (تيتل ارتفاعه خمس عشرة بوصة عند الكتف) وآكلات اللحوم والأرانب البَرِّية والطيور. وهكذا تتقاسم الأسود والنمور الرقطاء فرائسها غالباً عن طريق الحجم.

الفهود الصيادة ضخمة وكبيرة الوزن مثل النمور الرقطاء ولكنها أقل تشابها بكثير مع الأسود، وأكثر وهنا فى البناء من السنّورات الكبيرة الأخرى. وهى تجوب المكان التماساً للطرائد أثناء النهار وتصطاد التياتل الصغيرة والأرانب البرية، التى تنطلق أثناء المطاردة بسرعة تتجاوز ستين ميلاً فى الساعة. والفهد الصياد، عداء المسافات الطويلة الكلاسيكى، قد يتعقب فريسته بسرعة عالية مسافة تصل إلى ٣٥٠ ياردة مقارنة بالأسد الذى لا تزيد المسافة التى يقطعها فى مطاردة الفريسة عن ٢٠٠ ياردة. وتميل الفهود الصيادة إلى أن تصيد كأفراد مثل النمور الرقطاء – ومع ذلك فإنها قد تعيش كجماعات عائلية أو قد يكوّن ذكران منها رابطة ولاء – وتتقاسم هى والنمور الرقطاء بصورة جزئية مواردهما من الفرائس بالتجوال التماساً للطرائد فى فترات مختلفة مثلما تفعل الضباع والكلاب الصيادة.

تجوس الضباع السهول التماساً للطرائد ليلاً وفى الساعات المبكرة من الصباح فى جماعات من فردين إلى ثلاثة أفراد، حين تكون الأبقار الوحشية والتياتل الأخرى فرائسها المقصودة، وفى جماعات من أربعة إلى عشرين فرداً حين تكون الفرائس الحمير الوحشية الأكبر حجماً. وهى "مفترسات مطارِدة" تندفع وراء فرائسها إلى ما يقرب من ميلين. وتصطاد كلاب كيب الصيادة، المفترسات الأخرى المطارِدة فى سيرينجيتى، نفس مجموعة الفرائس التى تصطادها الضباع. وهى تجوب المكان بحثاً عن الطرائد أثناء الليل غالباً، وكيفما كان، بالفريق الكامل (من اثنين إلى تسعة عشر فرداً) المشارك فى المطاردات لميلٍ أو أكثر لملاحقة ضحية مختارة بمعرفة قائد الفريق. ويغالى الصيادون فى الأكل ويسحبون الطعام بعدئذ إلى عرينهم من أجل غير القادرين على الصيد – العواجيز والصغار والمرضى والإناث الحاضنة لصغار. وكلا المفترسين المطاردين يخصان بالمطارِدة بدرجة أكبر العواجيز والصغار والمرضى والجرحى من عشائر فرائسهما بأكثر مما تفعل المفترسات عداءة المسافة الأقصر – حتى وإن كان من المحتمل أن تقتل الأخيرة فى الغالب حيوانات صالحة بدرجة أقل من المتوسط (تُمسِك عادة بالأقل يقظة وبالأفراد الأبطأ قليلاً).

العنصر الرئيسى الأخير فى نظام سيرينجيتى هو المحللات، المسببة لاكتمال الدائرة فى السلاسل الغذائية، والتى تزود المنتجين بالمغذيات وتسمح للنظام البيئى بالاستمرار فى أداء وظيفته. وكثير من الكائنات الحية المحللة فى سيرينجيتى تشبه محللات نظم بيئية أخرى – الذباب التى تساعد يرقاته فى تحلل الجيف، الخنافس التى تتغذى على جلود الحيوانات أو الروث، البكتريا والفطريات اللتان تفعلان الكثير من العمل الدقيق لاختزال المركبات العضوية فى النباتات والحيوانات الميتة وفى البراز إلى مركبات غير عضوية.

على أن نظام سيرينجيتى عديم النظير فى احتوائه على تنويعة هائلة من الحيوانات الكبيرة التى تساعد فى عملية التحلل عن طريق أكل الحيوانات الميتة التى لم تقتلها بنفسها. وفى حين أن الجزء الذى تقوم به من التحلل الكلى فى النظام البيئى صغير نسبياً (فهى تأكل النباتات أو الحيوانات الصغيرة) إلا أنها تؤدى هذه الوظيفة الحاسمة بطريقة لا تستطيع القيام بها الكائنات الحية الدقيقة الأقل وضوحاً، ولا الديدان والحشرات الصغيرة.

وتشمل المحللات الكبيرة الأسود والنمور الرقطاء والضباع والكلاب البرية وأبناء آوى، وجميعها ينظّف ويسلك، بالتالى، سلوك المحللات جزءاً من الوقت على الأقل. وبينما يوجد تنافس ضعيف نسبياً على الفريسة الحية فيما بين آكلات اللحوم الكبيرة هذه فإن التنافس على الفريسة الميتة قصة أخرى. فالضباع تحصل على ثلث غذائها بتلك الطريقة، وتحصل الأسود على ١٠ ٠/٠ إلى ١٥ ٠/٠ والنمور الرقطاء على ١٠ ٠/٠ إلى ١٥ ٠/٠ والكلاب الصيادة على ٣ ٠/٠ والأسود هى المفترسات الوحيدة التى لا تتصادم مع الآخرين تصادماً ذا شأن. ولكن الفهود الصيادة، وهى الوحيدة بين مفترسات سيرينجيتى الكبيرة التى لا تضيف إلى طعامها مادة عن طريق التنظيف، تفقد من ١٠ ٠/٠ إلى ١٢ ٠/٠ من فرائسها لحساب الضباع و - بصورة عارضة - الأسود، وتخسر الكلاب الصيادة حوالى نصف فرائسها لحساب الضباع، ويعتقد أن الضباع والنمور الرقطاء تفقد ٥ ٠/٠ أو أكثر من فرائسها لحساب الأسود. والمثير أن الأنواع الثلاثة من أبناء آوى فى سيرينجيتى تفترس غالباً الحشرات والثدييات الصغيرة. وتشكل الجيف حوالى ٣ ٠/٠ فقط من طعامها.

ومن بين ٤٠,٠٠٠ طن تقريباً هى كتلة ذوات الحوافر التى تموت بكافة المسببات (الافتراس، المرض، الجوع، الحوادث... الخ) سنوياً تلتهم المفترسات الكبيرة ٤,٠٠٠ طن وتحتوى الـ ٢٦,٠٠٠ طن الباقية من الحيوانات الميتة على حوالى ١٤,٠٠٠ طن من الأنسجة الرقيقة. ومن هذه الأنسجة يؤكل ما يقدر بـ ١٢,٠٠٠ طن بواسطة المحللات الكبيرة الوافرة لأبعد حد فى النظام - سبع أنواع من النسور واللقلق أبو سُعّن. ويُستهلك الباقى بواسطة الحشرات ولا فقاريات أخرى إلى جانب الفطريات والبكتيريا.

الطيور المغتذية على الجيف مثلها مثل آكلات العشب والمفترسات تتقاسم أيضاً مواردها ومواطنها. ونسور روبيل القريبة من حجم الديك الرومى والنسور ذات الظهور البيضاء لها مناقير طويلة حادة وألسنة شائكة متكيفة لقطع وإمساك العضلات الرقيقة والأحشاء التى تتغذى عليها. والنسور ذات الظهور البيضاء هى فى الأصل طيور أراض منخفضة بينما تفضل نسور روبيل التلال.

والنسران، أبيض الرأس وأبو زنمة (النوبى)، الشائعان بدرجة أقل هما أيضاً فى حجم الديك الرومى تقريباً. ولهما مناقير خطافية قوية عميقة متكيفة بصورة جيدة للتعامل مع اللحم عسير المضغ، والجلد وأوتار العضلات. والنسر الضخم الآخر فى سيرينجيتى، وهو النسر الملتحى (كاسر العظام)، نادر ومحصور فى المناطق القريبة من الجبال الشرقية. ومنقاره القوى معد للتمزيق العنيف كما أن لسانه مصمم لإزالة النخاع من العظم الطويل الذى يهشمه بإلقائه من مكان مرتفع فوق الصخور.

النسران، المصرى وذو الغماء، يزنان من ثلث إلى نصف النسور الأكبر تقريباً. ولهما بالمقارنة معها مناقير طويلة نحيلة.وضعيفة، وهى مناقير تستعمل فى التقاط نفايات الجيفة وروث آكلات اللحوم وفى اصطياد تشكيلة من الفقاريات واللافقاريات الصغيرة. والنسر المصرى مشهور بسبب تعلمه كيفية كسر بيض النعام بإلقائه الصخور عليه. وهو محصور تقريباً فى السهول الشرقية لسيرينجيتى، أما النسر ذو الغماء فهو شائع فى السهول والسافانات والغابات.

وأخيراً فإن اللقلق أبو سُعُن فى سيرينجيتى هو منظِّف من نوع خاص تقريباً – فهو نادراً ما يصطاد الحشرات ولم ير مطلقاً مهاجماً لبيض النعام. فمنقاره الطويل العميق العريض لا يمكن أن يستخدم فى تمزيق اللحم من الجيف. وعليه فإنه لابد من التساؤل عما إذا كان بعيداً عن النسور حيث إنه (كما يحدث الآن غالباً) ينبش فى أكوام النفايات أو فى حفر الذبائح فى السلخانات. لكنه يشارك النسور فى سمة الجسارة الخاصة بالطيور، التى قد يؤدى طعامها إلى وجود الريش الملوث على نحو فاضح فوق الرأس.

هكذا نستطيع أن نرى الخطوط الأولية الرئيسية في نظام سيرينجيتى البيئى: تبدل مؤقت وجغرافى، موقع طبيعى شبه قاحل ذو أعشاب مُدخلة للطاقة والمغذيات، فوربات، شجيرات، أشجار، مروراً بعدد كبير من آكلات العشب التى تتضمن وفرة استثنائية، وتنوعاً لذوات الحوافر، وننتقل بعدئذ إلى المستوى الغذائى لآكل اللحوم، الذى يحوى بالتساوى عدداً ضخماً غير عادى من المفترسات. المحللات – المتضمنة عدداً غير عادى من المحللات الكبيرة – تدبر بدورها حياتها من الطاقة الموجودة فى الروث وبقايا طعام آكلات اللحوم وتعيد تدوير المغذيات.

من البديهى أن هذه الخطوط الأولية العامة تحجب معظم التفاصيل عن شكل النظام وأدائه الوظيفى. والحق أنه باستثناء الحجم غير العادى (بالنسبة للوقت الحاضر) للعشائر الحيوانية الكبيرة يمكن أن يتوافق الوصف السابق مع معظم النظم البيئية اليابسية. غير أن التفاصيل، التى اطلعنا على بعضها من قبل، هى ما يوفر استبصارا بالطرق التى تكونت بها أسنان التروس فى آلة الطبيعة وكيف تؤدى وظيفتها الآن.

ولفهم ما أعنيه بهذا النوع من الاستبصار دعونا نتأمل عن قرب وجهاً واحداً صغيراً من نظام سيرينجيتي البيئي: كيف ساعدت الضغوط الانتخابية المتضافرة، المتعلقة بتجنب المفترسات والحصول على الغذاء والتزاوج، في تشكيل النظم الاجتماعية لآكلات العشب الحافرية. وإذ نفعل هذا يصبح بإمكاننا أن نفهم إلى أي مدى تنسجم أنواع السلوك التي نوقشت في الفصل الثالث مع الصورة العامة.

تتراوح أحجام التياتل في سيرينجيتي من ٨ أرطال للدقدق إلى ١٥٠٠ رطل للعَلَنْد. والدقادق الصغيرة لها احتياجات أيضية، لكل وحدة وزن من جسمها، أكثر من احتياجات الأنواع الأكبر، ونتيجة لهذا فهي تغتذي بانتقاء شديد (بمساعدة أخطامها النحيلة) على الأطعمة المغذية بدرجة كبيرة مثل الأوراق الصغيرة الغضة والبراعم والثمار والبذور من تشكيلة من الأنواع. وقد أُنتخب كل من الحاجة للبحث عن مواد طعام خاصة والحجم الصغير في هذا النوع الصغير ضد دفاع الجماعة، فقطيع الدقادق بقرونها الصغيرة لن ترهب أي مفترس أكبر كثيراً من ضفدعة. والدقادق، التي تتزاوج من أجل الحياة، تعيش لهذا السبب في أزواج مع صغارها في مناطق دائمة داخل الغابات التي توفر غطاء كثيفا. وهي تتصل مع بعضها البعض عن طريق إشارات رائحة (رواسب البراز، البول، أو مواد ذات رائحة تفرز من غدد خاصة) طالما أن التبديات البصرية أو النداءات يمكن أن تكشف أماكنها للمفترسات. ومن المفترض أن أقاليمها كبيرة بدرجة تكفي لاحتواء مواد طعام وافية حتى في أعجف أوقات السنة.

في المقابل لا تستطيع التياتل الكبيرة مثل الإمبالات أن تكون مُخيّرة لحد بعيد فيما يتعلق بطعامها – فاحتياجاتها الأكبر من الطعام وأحجام أفواهها (الكبيرة جداً على التقاط البراعم الصغيرة أو الثمار اللبية) تفرض زاداً أقل نوعية. والإمبالات لا يمكنها، أيضاً، أن تبقى مخفية، ورغم أنها ليست مهاجرة إلا أنها يجب أن تتنقل بحثاً عن المرعى الأفضل والأوراق الغضة، وجماعاتها المكونة من مائة أو أكثر تغير موطنها المفضل موسمياً. ويحوز حوالي ثلث الذكور في الجماعة أقاليماً حيثما توجد الإناث في وقت ما، ويشكل باقي الجماعة قطيعاً أعزب. ويميز كل ذكر إقليميّ إقليمه بوجوده (كعلامة بصرية) وبزئيره (كعلامة صوتية) وبعلامات الرائحة. وتتجول الإناث والصغار في مساحات أكبر من الأقاليم الخاصة بالذكور، التي تدخلها وتخرج منها. وكما رأينا في أفواج الطيور فكل أعضاء القطيع يستفيدون أيضاً من التحذير الجماعي والمعلومات المتعلقة بالمفترسات. وحين يهجم مفترس تستجيب جماعات الإمبالات بكاملها كأنها وحدة متناسقة.

إن تياتل أخرى مثل ظبي الماء والظبي الكونغوني والعشائر المقيمة من الأبقار الوحشية (الموجودة في أماكن مثل فوهة بركان نجورونجورو وليس في سيرينجيتي) وظباء جرانت وظباء طومسون، وجميعها لديها كذلك نظم اجتماعية، تتقاسم العديد من

السمات مع نظام الإمبالات الاجتماعى - خاصة حيازة الذكور لأقاليم محددة مكانياً داخل المناطق التى تحتلها العشيرة فى وقت ما، وهى أقاليم تحاز لفترة مهمة، وإن كانت تُهجر آخر الأمر حين ينتقل القطيع إلى مكان آخر.

الأبقار الوحشية، من جانب آخر، ليس لها أقاليم محددة مكانيا وشبه دائمة. فاحتياجاتها الغذائية تجعلها متنقلة ولهذا لا تستطيع أن تلصق نفسها بأماكن ثابتة بسهولة. وبديلاً عن هذا فهى تنشئ أقاليماً صغيرة مؤقتة أو تنشئ أحياناً أقاليماً متنقلة (حدودها متغيرة باستمرار) حيثما تكون الإناث - وتدافع عن هذه الأقاليم أثناء فترة النزاء القصيرة. وهكذا يتواصل نموذج الذكور التى تحاول تأسيس إقليم والحصول من ثم على منفذ جنسى بنوع خاص إلى جماعة من الإناث، رغم الحاجة إلى التنقل المستمر للعثور على الطعام.

فيما بين الجاموس وربما العلندات (البحوث ليست أكيدة فيما يتعلق بالأخيرة) - أضخم التياتل - يسود نظام مختلف. فكلاهما يشكل قطعانا ضخمة تتنقل عبر مسافات كبيرة. ولا تدافع بالأحرى عن أقاليم، وتمارس الذكور ببساطة سيادة شخصية على بقعة يعيش فوقها ذكور تابعون لإبقائهم بعيداً عن أنثى فى فترة نزاء. ليس ثمة دفاع عن منطقة، فالدفاع فقط عن أنثى حيثما توجد. ويحل كل من الجاموس والعلندات مشكلة الوصول إلى الإناث عن طريق المكوث معهن معظم الوقت. وليس لدى هذين النوعين موسم نزاء قصير (مع أن فترة النزاء للفرد ليست طويلة) ولهذا فالإبقاء على فترة دفاع قصيرة عن مجموعة إناث ستكون بلا فائدة.

كل أفراد قطعان الجاموس والعلندات تتآزر فى الدفاع عن صغارها. ويعزى هذا على الأرجح إلى العجز النسبى لعجول الجاموس فى الدفاع عن أنفسها مقارنة بعجول الأبقار الوحشية. وربما لا تحاول ذكور الجاموس الاستيلاء على مجموعة إناث بفصلها عن القطيع لأن هذا قد يعرض تلك الذكور للمنافسة. وقد تيسّر تكوين قطعان متماسكة من الجاموس وأنواع أخرى كبيرة الحجم بقدرتها على تحمل الطعام ذى النوعية المنخفضة نسبياً. فحجمها الكبير يعنى أنها تحتاج إلى طاقة أقل لكل وحدة وزنية من جسمها، وأن بإمكانها النمو بازدهار عن طريق حش طعام وافر منتشر بانتظام وفقير البروتين نسبياً مثل حقل أعشاب.

تناولنا عينات من الوسائل التى يشكل بها الانتخاب الأداء الوظيفى لسائر الكائنات الحية فى نظام سيرينجيتى البيئى، ولننظر الآن فى مستوى أعلى من التكامل: استقرار النظام ككل. فى محيط حيوى (بيوسفير) يخضع بصورة متزايدة لإزعاج البشر أصبح استقرار النظم البيئية سبباً فى همٍ رئيسى عند الايكولوجيين، حيث إن هذه النظم توفر مجموعة كبيرة من الخدمات الضرورية للبشرية. وقد لمست فى الفصل

السابق مصاعب تقويم استقرار المجتمعات، وهذه المشكلات هى جانب من صعوبة الحكم على استقرار النظم البيئية الشاملة بدرجة أكبر، والتى تشكل المجتمعات فيها الأجزاء الحية فقط. وبما أن نظام سيرينجيتى البيئى درس جيداً على النحو المشار إليه فماذا يمكن أن يقال عن استقراره؟ وهل يمكن أن يختل بسهولة؟ وهل إذا أُختل يمكنه العودة إلى حالته السابقة؟

لقد رصد اختلالان على درجة كبيرة فى نظام سيرينجيتى البيئى. الأول كان وباء هائلاً لطاعون الماشية، وهو مرض فيروسى أصلى بالنسبة لسهوب (مناطق الاستبس) آسيا يهاجم الحيوانات المجترة. ومن الواضح أن المرض أُدخل مراراً إلى أفريقيا. والوباء الذى نتحدث عنه قد يرجع أصله إلى فيروسات وردت مع ماشية مجلوبة على يد البريطانيين من روسيا فى عام ١٨٨٤ أثناء محاولتهم العاجزة (والفاشلة) للإفراج عن الجنرال جوردون "الصينى" من الخرطوم فى السودان. ومن ناحية ثانية أصبح المرض وباء فى القرن الأفريقى فى عام ١٨٨٩، ولذا عوضا عن هذا أدخل الفيروس إلى أفريقيا عن طريق ماشية البقر المسنّم المجلوبة إلى الحبشة (إثيوبيا) من الهند لإطعام القوات الإيطالية.

وأيا كان أصله فقد انتقل المرض بسرعة فائقة نحو الجنوب ووصل إلى جنوب أفريقيا فى عام ١٨٩٦ وفى سيرينجيتى أهلك الجزء الأعظم من ماشية قبيلة الماساى وماشية قبائل رعاة أخرى. وأفضى هذا إلى مجاعات رهيبة فيما بين عام ١٨٩٠ وعام ١٩٢٠ وإلى موت ثلثى أفراد قبيلة ماساى على الأقل. وقد صرح شاهد عيان عجوز من قبيلة ماساى بأن جثث الناس والماشية "كانت كثيرة جداً وقريبة للغاية من بعضها البعض حتى أن الطيور نسيت الطيران".

بحلول عام ١٨٩٠ أصاب المرض المجترات الأصلية واختفى الجاموس والأبقار الوحشية والزراف. وفيما بين أمور أخرى أفضى هذا إلى جوع مفترسيها الطبيعيين، ونتيجة لهذا تحول عدد قليل من الأسود إلى أكل البشر. وبحلول عام ١٨٩٨ أصبحت الأسود الآكلة للإنسان فى تسافو مشهورة، وفى عام ١٩٢٠ وفى تفشٍّ لأكل البشر فى أوغندا رُوى أن أسداً واحداً التهم أربعة وثمانين إنساناً. وتسبب ظهور آكلى البشر فى هجر الفلاحين لأراضيهم، وأفضى هذا، مصحوباً باختفاء الرعاة والحيوانات الراعية الأصلية والأوراق الغضة، إلى إعادة غزو مناطق السهول بالغابات والأدغال. وفى عام ١٩١٠ أو نحو ذلك اكتسبت المجترات الوحشية بعض المقاومة ضد المرض وبدأت أعدادها فى التزايد من جديد. ووفرت هذه القطعان بدورها وجبات الدم لذباب التسى تسى، الذى وسع نطاقه إلى المساحات الدغلية الجديدة. وأوقف مرض النوم المنقول بواسطة ذباب التسى تسى نمو العشائر البشرية حتى فيما بعد.

فى عام ١٩٣٠ بدأ المدّ فى الرجوع. واستردت برامج التحكم فى الأدغال تدريجياً أرضا من غزو ذبابة التسى تسى، وبدأ التطعيم يقلل تأثير طاعون البقر على عشائر الماشية. وببطء بدأ طاعون البقر يتلاشى تدريجياً بين المجترات الأصلية، ففى البداية أحدث موتاً ذريعاً للحيوانات الحولية التى لم تكتسب المناعة بعد، وأخيراً اختفى فى أوائل الستينيات.

إن نتائج انحسار مدّ وباء طاعون البقر كانت مثيرة. فقد تزايد بقاء حوليات الأبقار الوحشية من ٢٥ ٠/٠ إلى ٥٠ ٠/٠ وقفزت عشيرتها فى سيرينجيتى من ربع مليون فى عام ١٩٦١ إلى نصف مليون فى عام ١٩٦٧ وزادت عشيرة الجاموس من ٣٠,٠٠٠ إلى ٥٠,٠٠٠ فى نفس الفترة. أما الحمير الوحشية غير المجترة المنيعة ضد طاعون البقر منذ البداية فلم تظهر مثل ذلك التغير فى حجم العشيرة. كان النظام يعود إلى حالة ما قبل طاعون البقر، وإن كان هذا قد دُعّم بالتدخلات البشرية مثل التطعيم وإزالة الأدغال. (وغنى عن القول أن نقل البشر للماشية تسبب فى الاختلال فى أول الأمر.) والنتيجة الوحيدة التى يبدو من المعقول استنتاجها من الوباء هى أن فيروساً دقيق الحجم بمقدوره أن يغير بدرجة خطيرة وربما على الدوام نظاماً بيئياً رئيسياً.

وفى زيارة لسيرينجيتى عام ١٩٨٤ قيل لى أن طاعون البقر عاد للظهور فى الجاموس، محدثاً موتاً ذريعاً شديداً فى عشيرة فوهة بركان نجورونجورو. ودلالة هذا غير معروفة، لسوء الحظ، لأن البحث فى نظام سيرينجيتى البيئى ضعف نتيجة للظرف الاقتصادى المتدنى فى تنزانيا.

الاختلال الهائل الثانى لنظام سيرينجيتى البيئى كان ازدياد تكثف بخار الماء فى فصل الجفاف من عام ١٩٧١ إلى عام ١٩٧٦ ورفع هذا إنتاجية الأراضى العشبية فى الوقت الذى تكون فيه منخفضة عادة. وأدى هذا بدوره إلى نقص الموت السريع، وبالتالى إلى زيادات إضافية فى عشائر الأبقار الوحشية والجاموس فوصلت الأبقار الوحشية إلى ١,٣ مليون تقريباً بحلول عام ١٩٧٧ ولم توجد مثل تلك الزيادة فى الحيوانات الراعية الأخرى مثل الحمير الوحشية – لأسباب ليست واضحة تماماً.

وقد يكون لزيادة الأبقار الوحشية تأثير إيجابى على حجم عشيرة ظباء جرانت بفعل تغيير العلاقات التنافسية بين النباتات. فالأعشاب أصبحت أفضل من المعتاد بسبب وطأة الرعى الشديدة على الحشائش، ولأن الظباء تفضل أكل الأعشاب. وهذا قد يكون بدوره مسئولاً عن الزيادة فى عشيرة الفهود الصيادة التى تتغذى بشدة على الظباء.

من المتوقع أيضاً أن يفيد العدد الأكبر من الأبقار الوحشية مفترساتها الرئيسية وهم الأسود والضباع. ولكن هذا لم يكن القضية. ولا كان، بالنسبة لهذا الأمر، انفجار عشيرة الأبقار الوحشية فيما بعد طاعون البقر المصحوب بالزيادات المفاجئة للأسود والضباع. والسبب بوضوح هو أن العشائر الإقليمية لهذه المفترسات محكومة بذخيرة الطعام (الحافريات غير المهاجرة غالباً) خلال فترة الندرة حين كانت الأبقار الوحشية المهاجرة غائبة. وكانت المفترسات، مع ذلك، مسئولة عن الزيادات المستحثة بهطول الأمطار فى الثدييات الحافرية المقيمة (التيتل النوبى والتيتل الكونغونى والخنزير البرى). وفى أوائل السبعينيات تضاعف عدد الأسود تقريباً وزادت عشيرة الضباع بنسبة تقرب من ٥٠ ٠/٠ . وكانت هذه الزيادات سيئة بالنسبة للكلاب الصيادة لأنها عانت من التنافس التصادمى المتزايد على صغارها، ومن افتراسها بواسطة الضباع على حد سواء. وانخفض حجم عشيرة الكلاب الصيادة.

تغيرت عناصر أخرى فى النظام أيضاً. فهطول الأمطار المتزايد قلل تواتر حرائق فصل الجفاف، وعزز ذلك بدوره وجود أشجار الأكاسيا الصغيرة، وأدى إلى تزايد أعداد الزراف. وبتغذيته على قمم أشجار الأكاسيا الصغيرة مال الزراف إلى الحيلولة دون نمو الأشجار الصغيرة لدرجة النضج. ومن ناحية أخرى فإن أشجار الأكاسيا الناضجة تقتل غالباً بواسطة الأفيال، التى تشدها لأعلى وتأكل أوراقها وأفرعها الصغيرة. وهكذا فإن تغيراً فى هطول الأمطار بإمكانه أن يؤثر على النظام المعقد الديناميكى للنار والزرافة والفيل والشجرة، وهو النظام الذى قد يتغير فى الظروف العادية ببطء شديد جداً بسبب الفترات الطويلة لأجيال الكائنات الحية المشاركة فيه.

بناء على ذلك بإمكاننا أن نرى أنه فى الفترة القصيرة نسبياً التي درس فيها نظام سيرينجيتى البيئى فإنه يبدو جارياً فى تدفق ومستجيباً للوباء الفيروسى المتسبب عن الإنسان والتغيرات الطبيعية فى المناخ على السواء. وليس هناك بالتأكيد علامة على أن للنظام حالة اتزان طبيعية معينة يميل إلى العودة إليها تلقائياً بعد الاختلال، بل لا توجد أية دلالة على أن تغيراً رئيسياً لا يرد يُقلّص بسهولة وبسرعة. فإذا تبدل المرض أو الصورة المناخية غيّر النظام استجابته، وإذا عكس التغير الأصلى فى وقت قصير نسبياً فقد يميل النظام البيئى أيضاً وبصورة تامة إلى الارتداد لحالته السابقة. ويشير السجل الحفرى إلى أن الملامح الرئيسية لنظام سيرينجيتى - بما فيها المناخ شبه القاحل - كانت مستقرة نسبياً مليون سنة على الأقل، ومن المحتمل أنها كانت كذلك فترة أطول كثيراً. ولو وجدت زيادة دائمة فى هطول الأمطار إلى الحد الذى يصبح عنده المهاجرون الرئيسيون مقيمين لتغيرت بنية النظام بكامله بصورة جوهرية.

لكن إلى أى مدى تنسب الحالة الخاصة لنظام سيرينجيتى إلى الخواص العامة للنظم البيئية؟ إن كل النظم البيئية ذات الشأن مسيّرة - بديهياً - بواسطة طاقة الشمس. وهذه الطاقة تبخر أمواه المحيطات التى تسقط أخيراً على سيرينجيتى ونظم اليابسة البيئية الأخرى. ولعلك تتذكر أن طاقة الشمس تقتنص بواسطة النباتات الخضراء فى عملية البناء الضوئى. حيث تتحول الطاقة فى هذه العملية من الصورة الإشعاعية لضوء الشمس إلى طاقة كيميائية فى روابط الجلوكوز وجزيئات الكربوهيدرات الأخرى. وتستخدم طاقة الرابطة الكيميائية هذه بعدئذ بواسطة النباتات وبالمستويات الغذائية المتتالية عبر السلاسل الغذائية: آكلات العشب والمفترسات والمحللات.

إن معرفة دور الطاقة حاسم فى فهم النظم البيئية، ولهذا فمن خلال الطاقة يجب أن نبدأ البحث فى الخواص العامة للنظم البيئية. والأوجه الرئيسية لسلوك الطاقة فى كل المواقع والمتضمنة فى تسيير النظم البيئية توصف بالقانونين الأول والثانى الشهيرين فى الديناميكا الحرارية. فالقانون الأول (قانون بقاء الطاقة) ينص ببساطة على أن الطاقة لا تُخلق ولا تفنى، مع أن صورتها قد تتغير (مثل تغيرها من الطاقة الإشعاعية لضوء الشمس إلى طاقة الرابطة فى الجزيئات الناتجة بفعل عملية البناء الضوئى). وينص القانون الثانى على أنه كلما استخدمت الطاقة - التى يمكن أن توصف بأنها عمل مخزون - بالفعل من أجل بذل شغل يصبح بعضها غير ميسر لبذل شغل أكثر. أى أن بعضها - إذا استخدمنا اللغة العملية - يُفقد. والكائنات الحية فى كل مستوى غذائى تبذل شغلاً فى سياق المحافظة على بنيتها وأيضها ونموها وتكاثرها. والطاقة المستخدمة على هذا النحو خاضعة لضريبة القانون الثانى المتشددة، والجزء المدفوع كضريبة غير متاح للمستوى الغذائى التالى. ومغزى القانون الثانى هنا هو أنه فى أى نظام بيئى تقل كمية الطاقة المتاحة لكل مستوى غذائى تالٍ. وعليه فالطاقة المتاحة لإعالة النباتات أكبر من الطاقة المتاحة لإعالة آكلات العشب، والطاقة المتاحة لآكلات العشب أكبر من الطاقة المتاحة لآكلات اللحوم وهكذا دواليك.

ثمة نتيجتان للقانون الثانى فى سيرينجيتى هما أن الكتلة الحيوية (الوزن الكلى للأحياء) للحشائش ونباتات الرعى الأخرى أكبر بكثير من كتلة الحيوانات الراعية، وأن الكتلة الحيوية للحيوانات الراعية أكبر بكثير من كتلة المفترسات التى تهاجمها. فقد توجد قطعان ضخمة من الأبقار الوحشية ولكن لا توجد قطعان ضخمة من الأسود بسبب سلوك الطاقة الموصوف فى القانون الثانى. ويفسر القانون الثانى أيضاً لم تكون عشائر الآفات الحشرية أكبر عادة بكثير من عشائر المفترسات التى تتغذى عليها؟! والحق أنه يفسر لم يواجه فرد نادر نسبياً مفترسات كبيرة فى الطبيعة - لماذا يوجد عدد كبير جداً من العصافير وطيور الدج (الحسونات) أكثر من الصقور والنسور؟

يعتبر الايكولوجيون، على غرار قاعدة إبهام اليد، أن حوالى ١٠ ٠/٠ من الطاقة المنسابة فى أحد المستويات الغذائية يكون متاحاً للمستوى الغذائى التالى. وعليه لو أن النباتات الخضراء فى مساحة ما استطاعت أن تقتنص ١٠,٠٠٠ وحدة طاقة من الشمس فسوف يتاح منها ١٠٠٠ وحدة تقريباً فقط لإعالة آكلات العشب، و١٠٠ وحدة فقط لإعالة آكلات اللحوم. وهذا يعنى، على سبيل المثال، أن محصولاً من الغلال يمكن أن يبقى على حياة عدد من الناس يتغذون عليه مباشرة بمقدار عشرة أضعاف الناس الذين يمكن أن يبقوا على الحياة بالتغذى على الماشية التى تأكل نفس المحصول. إن الأعلى فى سلسلة غذائية ما هى عشيرة البشر التى تتغذى والتى يكون الغذاء المتاح لها هو الأقل، ويفترض أن كل أمر آخر يمضى على نفس المنوال. لكن نادراً ما يمضى كل أمر آخر على نفس المنوال. فالمشاكل النسبية لجنى العوالق، على سبيل المثال، تعنى عموماً أنه يمكنك الحصول على مقدار تأكله من صيد السمك أكبر من المقدار الذى يقتنص ويؤكل من العوالق، ولهذا يوجد السمك فى مكان أعلى من السلسلة الغذائية.

الانخفاض فى الكتلة الحيوية مع كل ارتفاع فى المستوى الغذائى هو القاعدة فى النظم البيئية الأرضية، ولكن نتيجة القانون الثانى لا تكون على الدوام انخفاضاً فى الكتلة الحيوية الفعلية عند المستويات الغذائية الأعلى. ويرجع هذا إلى أن القانون يعين ما يحدث لانسياب الطاقة وليس ما يحدث لوزن المواد الخام. فمثلاً قد يوجد وزن من المستهلكين أكبر من المنتجين لو أن التغير فى مجتمع المنتجين كان أعلى بدرجة هائلة من التغير فى مجتمع المستهلكين (أى إذا كانت معدلات مواليد ووفيات المنتجين أكبر بكثير من معدلات مواليد ووفيات المستهلكين). وفى القناة الإنجليزية، مثلاً، يُعيل مجتمع يتكاثر بسرعة من العوالق النباتية الدقيقة وزناً أكبر من العوالق الحيوانية المتكاثرة ببطء شديد ومن الأسماك ومستهلكين آخرين. غير أن القانون الثانى ليس منتهكاً حيث أنه، عبر الزمن، تنساب الطاقة جوهرياً خلال المستوى الغذائى للمنتج أكثر من انسيابها خلال المستوى الغذائى للمستهلك.

وتميل هذه النقطة لأن تصبح مشوشة قليلاً، ولهذا فلنعتبرها تمثيلاً جزئياً. ولنفترض أن حجرة خزين طعامك يعاد تموينها كل ليلة سحرياً بثلاثة أرطال من الطعام. وهو ما يكون بالضبط كمية الطعام التى تتناولها كل يوم. إن كتلتك الحيوية أكبر عدة مرات من الكتلة الحيوية للطعام فى حجرة الخزين، لكن معدل التغير أعلى بكثير فى حجرة الخزين (طالما أن طعام حجرة الخزين "يولد" و"يموت" كل يوم).

ويفسر القانون الثانى كذلك الاختلاف الكبير بين انسياب الطاقة وانسياب المغذيات فى النظم البيئية. فبسبب الفقد الثابت للطاقة أثناء انتقالها فى السلاسل الغذائية يغدو من الواضح أنها يجب أن تقوم برحلة فى اتجاه واحد خلال النظم البيئية. والطاقة، كما

ينص القانون الثاني، لا يمكن أن يعاد تدويرها، فهي يمكن أن تستخدم مرة واحدة فقط. والجزء الذي يستخدم في مستوى غذائي ما لا يتاح للمستوى التالي. وفي المقابل فإن المغذيات المستخدمة بواسطة شجرة أكاسيا يمكن أن تستخدم أيضاً بواسطة زرافة تأكل تلك الشجرة، وتستخدم ثانية بواسطة أسد يلتهم الزرافة، وتستخدم من جديد ومرة أخرى بواسطة نسر يستهلك في آخر الأمر جثة الأسد، وحين يحط النسر فوق شجرة الأكاسيا ويخصب التربة عند قاعدتها بزبله فإن الشجرة تعيد استخدام المغذيات. وعلى هذا فالمغذيات يمكن أن يعاد تدويرها. والحق أنها تنتقل في طرق دائرية خلال النظم البيئية.

شجرة الأكاسيا، شأنها شأن النباتات الأخرى في سيرينجيتي، تحصل من التربة، بمساعدة العمل الشاق للكائنات الحية الدقيقة، على المغذيات غير العضوية - النيتروجين والفوسفور والحديد والكالسيوم وهلم جرا - الضرورية للحياة. وفي كل انتقال عبر السلسلة الغذائية تتحلل، عادة، الجزيئات المعقدة المحتوية على عناصر المغذيات إلى مركبات أبسط، وتعود بعدئذ إلى الاتحاد في المادة الحية للعضو التالي في السلسلة. وفي كل السلاسل الغذائية تحلّل المحللات الجزيئات العضوية المعقدة في الأنسجة والفضلات محوّلة العناصر من الجانب البيولوجي إلى الجزء الطبيعي من النظام البيئي. فمثلاً، تستمد بكتيريا معينة حياتها من تحليل المركبات المعقدة المحتوية على النيتروجين، وتحرر بالتالي مواداً كيماوية أبسط، تستطيع النباتات امتصاصها بما في ذلك عنصر النتروجين ذاته (الذي يعاود دخول مستودع النيتروجين الجوي). ونشاطها متوازن بمجموعة مختلفة من الكائنات الحية التي يمكنها اقتناص النيتروجين الجوي وتحويله إلى صورة صالحة لاستخدام النباتات (وصالحة في نهاية الأمر لاستخدام المستهلكين). وتبقى مجموعة أخرى من البكتيريا تحصل على طاقتها عن طريق تفكيك المركبات العضوية المحتوية على الفوسفور وإنتاج الفوسفور البسيط غير العضوي الذي يمكن أن تستخدمه النباتات. وبتلك الطرق تُزيِّت دورات المغذيات آلة الطبيعة باستمرار.

كل النظم البيئية، إذن، مسيرة بواسطة الطاقة، وهي تدوِّر المغذيات، في الأغلب، بواسطة كائنات حية متكيفة مع الظروف الطبيعية للنظام ومع بعضها البعض على السواء. ولو فُصلت النظم البيئية عن مورد طاقتها (كما في حرب نووية) فسينقطع بقاؤها. وإذا قطعت دورات مغذياتها فسوف تنهار. وإن تغيرت تلك الدورات بصورة جوهرية (كما يحدث بفعل تغير مناخي) فسيتغير سلوك النظام بشدة.

من البديهي أن الإنسان المدرك يغير النظم البيئية بصورة مؤثرة مصحوبة بنتائج مأساوية. وليس هناك مكان آخر أكثر دلالة على هذا من المناطق شبه القاحلة الموبوءة بالمجاعات في أفريقيا. فهناك، كما في مناطق كثيرة من العالم، تؤدي الأنشطة البشرية

إلى زيادة المناطق الصحراوية على حساب الرطوبة و(من وجهة نظر بشرية) على حساب النظم البيئية المرغوبة بدرجة كبيرة. وعليه، فالنظم البيئية التى بإمكانها أن تدعم عدداً كبيراً من البشر تستبدل بنظم لا تفعل ذلك. فمثلاً، تتحرك الحافة الجنوبية للصحراء الكبرى فى أواسط أفريقيا بقوة نحو الجنوب. وفى الساحل، وهى المنطقة الواقعة جنوبى الصحراء الكبرى بالضبط، وفى أفريقيا عموماً تلعب الماشية دوراً رئيسياً فى هذا التصحر.

سبب ذلك واضح. حيث إن كثيراً من مناطق القارة مجدب كذلك فيما يتعلق بنمو النباتات من دون رى، فالرى بالنسبة للمجتمعات الأفريقية مكلف جداً. (ومؤقت أيضا – طالما تمتلئ السدود والقنوات فى نهاية الأمر بالطمى، وتستنزف مخزونات المياه الجوفية، وتفسد الأرض المروية غالباً بالتملح وبالرى الزائد). ولكن البشر بإمكانهم إعالة أنفسهم فى غياب الرى باستخدام الماشية كوسطاء بينهم وبين النباتات الموجودة بصورة طبيعية، والتى يمكنها استخدام الماء القليل المتاح، وهى النباتات التى تأكلها الماشية ولا يستطيع الناس أن يأكلوها (فجهاز التخمر فى قنواتها الهضمية بالمقارنة جهاز ضعيف). ومع هذا فالماشية فى أفريقيا أكثر من ممونات غذاء وجلود. فهى تعد دليلاً مباشراً على الثروة عند كثير من الشعوب مثل قبيلة الموساى.

ورغم ذلك فالماشية الأليفة، من وجهة نظر ايكولوجية، مصدر تدهور بيئى فى المناخات الحارة شبه القاحلة. فهى (والماعز والأغنام) يجب أن تسير يومياً كى تشرب. ويستهلك هذا قدراً كبيراً من الطاقة ويبطئ معدل زيادة أوزانها. كما يتسبب فى وطء الحشائش ذات القيمة، ويؤدى إلى تدمج سطح التربة، وخاصة حول حفر المياه – حيث يزداد باستمرار مقدار المساحات العارية والمهروسة. ومن ناحية أخرى فآكلات العشب البرية تحتاج بدرجة أقل إلى شرب الماء. وبعضها مثل العلند والماريّة وظبى جرانت يحتمل ألا يكون مضطراً للشرب على الإطلاق، إذ يحصل على الماء الذى يحتاجه من النباتات التى يأكلها. والبعض الآخر مثل الإمبالات يشرب القليل من الماء، وإن ظل محتاجاً إليه بدرجة أقل من الماشية.

معظم آكلات العشب الأفريقية الأصلية تحافظ، كذلك، على الماء بفاعلية أكبر كثيراً من الماشية. فمثلاً، تستخلص كل الرطوبة تقريباً من محتويات أمعاء الظباء قبل إخراج البراز الجاف. وفى المقابل تُخْرَج أقراص روث البقر رطبة ويُطلق النشادر (غاز يحتوى على مغذى النيتروجين الحيوى) إلى الغلاف الجوى. كما تجف الأقراص بسرعة فى ضوء الشمس وبالحرارة وتُقتل البكتيريا والفطريات التى قد تعجل بتحللها. وقرص روث البقر يقتل أيضاً الحشائش الواقعة أسفله. وفى ناحية أخرى تكون الكريات الصغيرة لبراز التياتل دائرية تقريباً. وتسقط بين أنصال الحشائش ولا تتكدس وتحتفظ بنيتروجينها. ولا تميل بالأحرى إلى إيجاد "أرض مرصوفة بالبراز" مثلما يفعل روث الماشية، فهى جاهزة للتحلل بواسطة المحللات، حيث تعود المغذيات إلى التربة.

فضلاً عن ذلك فالماشية مثل معظم آكلات العشب لديها خيارات غذائية نوعية تماماً – فهى ترعى بعض أنواع الحشائش بشدة ولا ترعى البعض الآخر على الإطلاق. وفى مناطق تجمع الماشية يتغير خليط الأنواع الذى يشكل علفها لأن أنواع الحشائش التى لا تأكلها يكثر وجودها بصورة متزايدة. وكما رأينا فآكلات العشب تتقاسم الموارد النباتية، وتكمل أطعمتها بدرجة أو بأخرى مع بعضها البعض، ولهذا يمكنها استخدام أنواع كثيرة من النباتات بدرجة أكبر من الماشية. فمثلاً، قمم أشجار الأكاسيا التى يأكلها الزراف هى مصدر غذائى بعيد عن متناول آكلات عشب أخرى، كما أنها غير مستغلة من جانب الماشية إجمالاً.

وعليه لا تغدو آكلات العشب الأصلية المحافظة على الماء متكيفة فقط بصورة أفضل مع المواطن شبه القاحلة للسهوب الأفريقية، بل إنها لا تجردها عادة من قيمتها فيزيائياً أو كيميائياً ولا تقلل تنوع نباتاتها. ومن ناحية أخرى فالماشية المتبخترة جيئة وذهاباً إلى حفر الماء والمخلفة لروثها المدمر والمستمسكة بمفضلاتها الغذائية تصبح آلة خطيرة لتصحر القارة.

كل هذه الفروق دفعت ديفيد هوبكرافت بيولوجى الحياة البرية إلى استنتاج أن الوسيلة الأصلح لاستغلال الكثير من النظم البيئية الأفريقية ذات الأراضى العشبية ليست استخدام الماشية الراعية بل تنظيم رنشات لتربية واستغلال آكلات العشب الأصلية. والفكرة ليست عديمة النظير، بل إن التجربة التى دخلها هوبكرافت وزوجته كارول لا تزال مستمرة. فعلى رنشهما ذى العشرين ألف فدان فى سهول آثى كابيتى قرب نيروبى يحولان النظرية الايكولوجية إلى الممارسة منذ عام ١٩٧٨ .

والرنش ممون بتشكيلة من الحيوانات راعية العشب والحيوانات آكلة الأغصان والأفرع المرتفعة، والتى تشمل التياتل والحمير الوحشية والزراف والنعام. أما الماشية فتخرّج تدريجياً وقد تستبدل ذات يوم بالثور الأصلى والجاموس الأفريقى. ومن جهة أخرى فالماشية تفيد فى الوقت الحالى بوصفها "الضابط" الثمين لمقارنة تكاليف وإنتاجية اللحم على نفس الأرض بتكاليف وإنتاجية اللحم للحيوانات الأصلية. وهناك أداة رئيسية فى عملية هوبكرافت وهى السور المحوِّط الذى يمتد ثلاثين ميلاً والمعد بصورة خاصة حتى لا يؤذى الحيوانات التى تصطدم به. وقد أُجرى قدر كبير من البحوث فى الرنش. وتم متابعة التغير فى حجم شتى العشائر بعناية، وسجلت المفضلات الغذائية لمختلف الحيوانات، كما يدرس البيطريون فى الرنش طفيليات الحيونات المستغلّة.

وحتى الآن تتجاوز نتائج التجربة آمال وتوقعات هوبكرافت وزوجته. فحالة الرنش تتحسن – حتى وإن كانت الكتلة الحيوية المشتركة للماشية وآكلات العشب الأصلية قد زادت بنسبة ٣٥ ٠/٠ فقط فى السنوات القليلة الماضية. إن محصول التياتل فعال

وإنسانى بدرجة أكبر من محصول مذبح. ففى ليلة من كل أسبوع يسلط رجالٍ يستقلون عربات اللاندروفر الضوء على الذكور الزائدة من الحيوانات ويقتلونها على الفور بطلقات سريعة جداً موجهة إلى المخ. ولا تُزعج الحيوانات الأخرى بصورة خطيرة. ويُعالج جسد كل ذبيحة بسرعة تحت إشراف مفتش حكومى.

هل يمكن أن توفر رنشات الطرائد جانباً من حل مشاكل التصحر فى أفريقيا؟ إن الإجابة تعتمد على أمور كثيرة. فأقصى إنتاجية للرنش تحدد جزئياً بخليط الحيوانات المتوطدة بشكل نهائى. ولو تم التركيز على الحيوانات الأصغر القابلة للاستغلال مثل ظباء طومسون وليس على الحيوانات الأكبر مثل العلند فقد ينخفض الإنتاج لأن للحيوانات الأصغر معدلات أيض أعلى ولذا فهى تحتاج علفاً أكثر لكل رطل من اللحم الناتج. والخليط الأمثل من آكلات العشب سوف يعتمد على مفضلاتها الغذائية الصحيحة، وعلى المزج الدقيق للمتاح من النباتات الصالحة للأكل - والذى يمكن تحديده بالتجريب فقط عن طريق مختلف التوافيق. وثمة سبب للاعتقاد بأنه من المفيد وضع بعض الماشية فى الخليط، طالما أنها تساق بسهولة ويمكن نقلها إلى مكان ترعى فيه على أحسن وجه دون إحداث ضرر.

على أنه إذا كان هدف إقامة رنشات الطرائد هو المساعدة على صد الصحارى، فإنه يتعين أن تنتج الرنشات محصولاً يصبح موضع تقدير المستهلكين. ويجرب الزوجان هوبكرافت بوسائل مختلفة تسويق لحم التيتل الأحمر اللذيذ المذاق. بما فى ذلك إنتاج اللحم المقدَّد المدمَن (من جانب الأمريكيين على الأقل) - ويبدو أنهما وطّدا الإمكانية الأساسية الاقتصادية لإقامة رنشات الطرائد فى أفريقيا. ومن حيث الأساس فإن التكاليف أقل من تكاليف تربية الماشية فى هذا الإقليم. فالمياه الأقل بكثير التى يتعين أن تزود بها الحيوانات تعنى أن رأس مالٍ أقل يجب أن يوظف فى الآبار والسدود والنقل بالأنابيب... الخ. وعلى خلاف الماشية فحيوانات الطرائد لا تحتاج إلى أن تُغطَّسْ مراراً فى محاليل قاتلة للجراثيم أو إلى أن تطعم ضد الطفيليات والأمراض. وليس هناك حاجة أيضاً إلى رعى القطعان أو إقامة الزرائب - حيث تدبر آكلات العشب الأصلية أمر حمايتها من مفترساتها. والحق أن قطعان الزوجين هوبكرافت تتسع رغم عدم التحكم فى المفترسات. فالأسود والفهود الصيادة والضباع وأبناء آوى تستوطن جميعها الرنش، والجزء الصغير جداً من الطرائد الذى تحصل عليه يسبب القليل من القلق.

ثمة ميزة إضافية لرنش الطرائد وهى إمكانية بيع جلود الحيوانات. وجلود الطرائد ذات قيمة أعلى بكثير من جلود البقر، ولكن بيعها محظور، فى الوقت الحالى، من جانب حكومة كينيا - وبمعنى أصح تماماً، لأن معظمها يتم الحصول عليه بالسرقة. وربما

أمكن ابتكار نظام ترخيص يسمح لأصحاب الرنشات بتسويق جلودهم على غرار أصحاب رنشات المنك فى الولايات المتحدة. وتضافر الإنتاجية الأعلى للحوم مع التكاليف الأقل للإنتاج، والمكاسب المحتملة من الجلود تجعل المرء يتنبأ بمستقبل اقتصادى مشرق لإقامة رنشات الطرائد. ومن المعلومات المتوافرة حتى الآن يبدو أن الإنتاج السنوى من اللحوم الحمراء لرنشات الطرائد القريبة من نيروبى قد وصل إلى الضعف على الأقل مقاساً بعدد الأرطال لكل فدان بالنسبة لأفضل رنشات الماشية فى المنطقة.

هناك بالطبع مشاكل كثيرة ينبغى التغلب عليها. والمشاكل الرئيسية تتضمن كسر التقاليد: التقاليد المتعلقة بأى اللحوم صالح للأكل، والتقاليد فيما بين علماء اقتصاد الحيوان والتى تعد فكرة إقامة رنشات الطرائد غريبة بالنسبة لهم تماماً، والتقاليد فيما بين الرعاة الأفارقة مثل قبائل الماساى، التى تعتبر الماشية بالنسبة لها - كما ذكر من قبل - الرمز الرئيسى للثروة كما تعتبر تربية الماشية أسلوب حياة محورى فى ثقافتها.

وسوف يكون لكسر التقاليد فى أفريقيا من جانب آخر فوائد عديدة. ففى مواجهة النمو السكانى البشرى السريع لأقصى حد تختفى حيوانات الطرائد من القارة بسرعة، وعلى ما يعتقد فإن الحدائق القومية غير المنتهكة واقعة تحت ضغط شديد من جانب التوسع الزراعى وسرقة الحيوانات. والموارد الغذائية بالنسبة للفرد فى معظم البلدان الأفريقية الواقعة جنوبى الصحراء الكبرى فى وسط أفريقيا تنخفض بأكثر من ١٠ ٠/٠ منذ عام ١٩٧٠، فكلما تواصل التصحر والنمو السكانى برزت مكاسب إنتاج الغذاء. ولهذا فحتى لو كانت رنشات الطرائد مفيدة بدرجة أقل قليلاً عن رنشات الماشية فإن الأولى تغدو أجدر كثيراً بالتمويل. فالخسائر طويلة الأمد للتصحر المستمر تصبح أكبر بما لا يحصى من أية إعانة مالية متخيلة يقتضيها جعل إقامة رنش طرائد مشروعاً جذاباً.

غير أن الإعانات المالية تقف ضد إقامة رنشات الطرائد. والتصحر الناجم عن الرعى الجائر للحيوانات الأليفة التقليدية للأراضى شبه القاحلة تم تشجيعه بسياسات "المعونة" قصيرة النظر، التى تهدف إلى تحويل المزيد من الأراضى القاحلة والرطبة على السواء إلى مراع للماشية عن طريق إبادة ذباب التسى تسى الذى ينقل مرض النوم (الذى تعد الحيوانات الأصلية محصنة ضده، والماشية قابلة للإصابة به). وقد هدد الرش بالـ د.د.ت الممول من جانب المجموعة الاقتصادية الأوربية، مؤخراً، بتدمير (عن طريق إزالة الذباب حتى تتمكن الماشية من الرعى) أحد معاقل الطرائد فى أفريقيا الجنوبية وهو مستنقعات أوكوفانجو فى بتسوانا الشمالية. وتساعد رنشات الطرائد

بوضوح فى المحافظة على حيوانات أفريقيا الكبيرة عديمة النظير فى حين تساهم بالفعل فى الزاد الغذائى لعشيرتها البشرية، لكن إن لم يُتخذ إجراء فورى للمحافظة على النظم البيئية الطبيعية الأساسية التى تستطيع توفير احتياطيات الطرائد فإن الفرصة سوف تضيع.

ولا تظنوا أن كون فكرة إقامة رنشات الطرائد نافعة تعنى أن تطبيق المعرفة الايكولوجية يمكن إجراؤها، فحسب، فى الأماكن النائية مثل أفريقيا. فكثير من المساحات شبه القاحلة فى غرب الولايات المتحدة مهدد أيضاً بالتصحر الناجم تكراراً وبشدة عن الرعى الجائر للحيوانات الأليفة والماشية فى المقام الأول. ونتيجة لهذا الاستخدام غير السليم لأراضى الرعى تُلوِّث الجداول التى لم تجف، وتهبط أسطح المياه الجوفية، وتتآكل الأرض، ويدمر موطن الحياة البرية. وممارسات الرعى الجائر فى الأراضى الفيدرالية تلقى القبول من جانب (هيئة) خدمة الغابات ومكتب إدارة الأراضى بسبب التأثير السياسى لبعض مصالح مقيمى الرنشات الغربيين، التى تضخمت على حساب الإعانات المالية الحكومية الكبيرة. إن الحاجة إلى أعداد ضخمة من القناصين وصائدى الأسماك وحراس المعسكرات والفلاحين والمجالس البلدية ومحبى الطبيعة فى سبيل النظم البيئية المروية جيداً بالماء، هذه الحاجة أُخضعت لجشع قلة تخلق صحراوات من أجل منافع قصيرة الأجل.

والوضع محزن بصورة خاصة لأن كل الرعى فى الأراضى الفيدرالية للولايات الغربية يعلل لحساب نسبة مئوية صغيرة من إنتاج لحوم البقر فى الولايات المتحدة. والوقت متأخر جداً فيما يتعلق بالإدارة السليمة ايكولوجيا للأراضى العامة فى الغرب الأمريكى- بما فى ذلك تخفيضات الماشية والأغنام الراعية إلى حد قدرة الحمل طويلة الأجل للمرعى، والتحفظ على مساحات كثيرة من أجل الاستخدام القاصر على الحياة البرية على السواء. وبعض هذه المساحات يمكن استغلاله فى إقامة رنشات طرائد. والحيوانات الأمريكية الشمالية مثل الإيّل والإلْك (أكبر الأيائل -م) والمُوظ والبيزون والشائك القرن والأغنام الجبلية مناسبة للرنشات بصورة فائقة. وفى أفريقيا، يشكل نقص البيولوجيين المتمرسين، والذى يصل إلى حد الندرة البالغة، عائقاً بارزاً فى تأسيس نظم رعى ضخمة. ولكن ليس لدى الأمريكيين مثل هذه المبررات، فالواقع أن بعض أفضل بيولوجيينا الشبان عاجزون عن العثور على عمل.

التصحر مثال على تبدل نظام بيئى بمقياس ضخم - استبدال نوع نظام ما بنوع آخر- والتغيرات التى بهذا الحجم تحدث عادة بسبب تغير المناخ أو بسبب تدخل الإنسان - وكلاهما مؤثر فى التصحر. لكن تغيرات متوالية يمكن أن ترى أيضاً فى نظام بيئى ما: غزو سيرينجيتى بالأجمات حين تقل رنشات الماشية، ظهور الأعشاب

الضارة عند شق طريق جديد فى كاليفورنيا، حركة الأشجار فى حقول مزرعة مهجورة فى فيرمونت، أو الرواسب المرجانية المستقرة على بقايا (جسد) محارب يابانى نكرة عند قاع راباؤل هاربر - وتعرف تلك التغيرات كلها إجمالاً باسم التتابع.

وقد أصبحت محاولات فهم كيف ولماذا يحدث التتابع وتعلم التنبؤ بسياقه مهمات عظمى لدى الايكولوجيين منذ السنوات الأولى فى هذا القرن. وفى ذلك الوقت كان الرأى السائد عن التتابع قائماً على فكرة فريدريك كليمنتس، وهى أن المجتمعات البيولوجية "مجتمعات منظمة تعمل ككل عضوى". وفى عام ١٩١٦ كتب عن النظم البيئية (والتى أسماها "التكوينات النامية") ما يلى: "إن التكوين مثل كائن حى، ينشأ وينمو وينضج ويموت... وتاريخ حياة تكوين ما شئ معقد، غير أنه نسق محدد يقارن بسماته الرئيسية مع تاريخ حياة نبات مفرد".

لا غموض هنا - فقد اعتقد كليمنتس أن التتابع هو نفس نوع عملية الامتداد التى يجتازها خشب الكستناء فى تحوله إلى شئ ما يمكن أن تستقر تحته ورشة حداد القرية، وكما يوجد تتابع منظم لانقسامات الخلية وتكوين النسيج وظهور الأعضاء فى نمو فرد من بيضة مخصبة إلى نبات أو حيوان بالغ، فقد اعتقد كليمنتس فى وجود تتابع منظم لشاغلى موقع طبيعى ما، يفضى إلى مجتمع ذروة ناضج. كما اعتقد كليمنتس،عموماً، بأن التتابع هو تتابع الكائنات الحية الكبيرة الشاغلة للمكان - النباتات على اليابسة والحيوانات اللافقارية مثل بلح البحر والبرنقيلات وشقائق النعمان على أرضية البحر. وقد أدرك الايكولوجيون فى زمن كليمنتس، والآن أيضاً، أن تلك الكائنات الحية كانت الدليل على نوع من المجتمع الشامل الذى احتل بقعة ما - قدمت تلك الكائنات الحية البنية التى تتحكم لحد بعيد فى تيسير البيئة الملائمة لكائنات حية أخرى.

فى حين أنه من الواضح منذ زمن بعيد أن التناظر الوظيفى بين المجتمع والمجتمع المنظم الذى يعمل ككل عضوى كان مبالغاً فيه، وهذا أقل ما يقال، فإن التصورات القائمة عليه لا تزال مهمة فى دراسة التتابع. وأحد تلك التصورات هو أن الشاغلين الأوائل لموقع ما يسهلون غزوه من جانب أنواع متتابعة تالية، وبناء عليه فالرواد يعجلون بموتهم. والحق أن هذا يحدث بصورة خاصة فيما يعرف بالتتابع الأولى. (يجرى التتابع الأولى بعد تعرض مساحة مكشوفة للاستيطان - مثلما يحدث حين تكشف صخرة أو طين بواسطة نهر جليدى متقهقر أو انهيار جرف، فيترسب مرتفع رملى جديد بفعل تغير التيارات المحيطية أو توجد جزيرة جديدة بسبب طفو بركانى).

حين تتقهقر الأنهار الجليدية عند جِليشيَر باى (خليج جِليشيَر -م) وألاسكا تكوِّن النباتات الرائدة - وخاصة الصفصافات المنبطحة - حصيرة تصد الجسيمات الصخرية والأنقاض العضوية وتشرع فى إيجاد تربة عميقة وخصبة. وهذه التربة مطلوبة للأنواع التالية مثل شجر الحور الرومى وشجر التنوب الفضى فيما بعد، والذى يعلو فى آخر الأمر و"يظلّل" سابقيه، ويحول دون حصول النباتات الأصغر على الضوء الكافى للبناء الضوئى. وبالمثل، وعلى امتداد شواطئ بحيرة ميتشجان يلعب نوع ما من الحشائش دوراً حاسماً فى تثبيت الكثبان الرملية المنجرفة، وعليه يمكن أن تستوطن هذه الكثبان من جانب نباتات أخرى وتشكل آخر الأمر الطبقة السفلية التى تنمو فوقها غابة.

على أن التتابع الأولى فى عالم اليوم أقل أهمية من التتابع الثانوى. والأخير يحدث حين تُختل مساحة مشغولة من قبل لكن دون أن تدمر التربة. ويعقب التتابع الثانوى بصورة طبيعية حرائق البرارى والأعاصير المطيحة بالغابات. وقد بدئ فى إصلاح تخريب ثوران (بركان) جبل سانت هيلنز. ولكن معظم الأمثلة الشائعة الآن تحدث بفعل أنشطة الإنسان المدرك، النوع الذى تفوق جرافاته حرائق البرارى والذى تعد سلسلة مناشيره أكثر تدميراً للغابات من الأعاصير العنيفة.

وحتى الشعوب غير الصناعية تغدو مسببات فعالة للتتابع الثانوى. فمثلاً، فى الغابات الرطبة الاستوائية يمارس الناس منذ زمن طويل الزراعة المتنقلة التى تسمى بأسماء مختلفة: زراعة القطع والحرق أو الزراعة السويدينية أو الزراعة الملباوية. فالفلاح يقطع مساحة من الغابة خلال الفصل الأكثر جفافاً من العام، وبعد جفاف الأشجار المقطوعة يتم حرقها. ويُقتل كثير من الآفات الضارة بفعل حرارة النار، وتزرع المحاصيل المطلوبة فوق الرماد الغنى بالمغذيات. وفى الفصول التالية تحرق بقايا المحصول بدلاً من الأشجار المقطوعة - لكن نارها تكون حامية بدرجة أقل ويكون الرماد المتخلف عنها أقل احتواء على المغذيات، وتصبح مقاومة الآفة أقل نجاحاً. وعدا ذلك تفقد المغذيات تدريجياً من الأرض مقطوعة الأشجار عن طريق الاستنزاف وبإزالتها بالمحاصيل المستغلة. وبعد فصلين أو ثلاثة تنهك التربة وينتقل الفلاح إلى مكان آخر ويبدأ العملية من جديد. وعقب هجرة الأرض مقطوعة الأشجار تغزوها تدريجياً حشائش مختلفة ونباتات عشبية أخرى، وتتبعها جنبات وشجيرات وحين تنضج الشجيرات متحولة إلى أشجار فإن الظلّة الورقية الكثيفة المميزة للغابات الاستوائية الرطبة يعاد تأسيسها. ويموت كثير من الشاغلين الرواد للأرض مقطوعة الأشجار فى الظل. وبعد عقود يعيد التتابع الثانوى الأرض الأصلية التى قطعت أشجارها إلى غابة استوائية.

لهذا يمكن تأمل البشر المتسببين فى التتابع الثانوى بوصفهم جانباً من تقدم تطورى طبيعى. والدلائل المتوفرة من جانب أقربائنا الأقرب الأحياء، وهم الغوريللات والشمبانزيات، توحى بأنه فى مرحلة مهمة ما من تاريخ البشرية ربما كان أسلافنا كائنات مواطن تتابع ثانوى. فالأطعمة الملائمة، وخاصة الأطعمة النباتية المتنوعة، وافرة بدرجة كبيرة جداً وسهلة المنال فى أراضى الغابة التى تستعاد وحوافها عنها تحت الظلّة المقفولة لغابة استوائية ناضجة. وبناء على ذلك فربما نوجد لأنفسنا الآن أنواع المواطن التى ازدهر فيها أسلافنا من قبل.

على أنه يمكن النظر إلى البشرية، منذ الثورة الزراعية التى قامت منذ ١٠,٠٠٠ سنة تقريباً، بوصفها مقاتلة لا تلين ضد التتابع الثانوى. فالزراعة سواء أكانت فى قطعة أرض ملباوية أم فوق مزرعة مصنع فى وسط غربى الولايات المتحدة تستلزم توقف عملية التتابع عند مرحلة يتم فيها زيادة إنتاجية النباتات المرغوبة إلى الحد الأقصى. وعلى سبيل المثال، إن لم يحرث حقل مزرعة فى الأجزاء الشرقية من الولايات المتحدة ويزرع وتنقى حشائشه الضارة باستمرار فإنه سوف يرتد إلى أجمات وبعدئذ إلى غابة متساقطة الأوراق.

إن مدى إخلال البشر بالنظم البيئية الآن واسع جداً، حيث أصبح فهم استجابات النظم - وهذا يعنى فيما بين أشياء أخرى فهم التتابع - حاسماً من أجل صحة البشر والرفاهية. وقد ذكرت من قبل أن النظم البيئية الطبيعية تزود البشرية بسلسلة من الخدمات العامة الحيوية (غير المقدرة غالباً) والتى يهدد نقصها الحضارة. فدعونا نتأمل كيف تُجهز تلك الخدمات ثم نعود بعدئذ إلى التتابع لنرى كيف يؤثر فى توصيلها.

لعلكم تتذكرون أن الغلاف الجوى لم يكن كما هو الآن دائماً. واحدى الخدمات التى توفرها النظم البيئية هى ضبط نوعيته. وعلى سبيل المثال فالأكسجين الذى تعتمد عليه الحيوانات تنتجه النباتات. علاوة على أن تشكيلة كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة تتحكم فى تركيز المكون الغازى الرئيسى الآخر للغلاف الجوى وهو النتروجين (والمتضمن مقاديرا من مركبات النتروجين تقوم بدور مناخى مهم). والنتروجين الذى يشكل ٨٠ ٪ تقريباً من الهواء الذى نتنفسه هو مستودع التخزين الأعظم فى الدورة المعقدة لهذا العنصر خلال النظم البيئية.

بعض الكائنات الحية الدقيقة وبصورة رئيسية البكتيريا الزرقاء (الطحالب الخضراء المزرقة) وبكتريات أخرى "تثبت" النتروجين - أى تحول الصورة البسيطة لنتروجين الغلاف الجوى إلى جزيئات غير عضوية معقدة بدرجة أكبر قليلاً يمكن للنباتات أن تستخدمها. ومثبتات النتروجين الأكثر شهرة والأشد أهمية هى البكتريا المتكافلة التى تغزو جذور البقوليات، وهى نباتات تنتمى إلى العائلة البازلائية. وينمى النبات عقداً

جذرية (انتفاخات) توفر للبكتيريا بيئة خالية من الأكسجين، كما يمدها بالسكر. ويحصل النبات بدوره على وفرة من النتروجين المثبت، ينطلق بعضه إلى التربة حيث يمكنه أن يفيد نباتات أخرى. والنباتات التى ليست لديها بكتيريا متكافلة تمتص النتروجين المثبت من التربة والماء. ومن النباتات يجتاز النتروجين السلاسل الغذائية وصولاً إلى الحيوانات. وتحلل كائنات حية محللة مختلفة مركبات النتروجين من جديد، وكما ذكرت من قبل يعود بعض النتروجين إلى المستودع الجوى.

لو تم الإخلال بدورة النتروجين المعقدة هذه فقد تتغير خصائص الغلاف الجوى. وعلى سبيل المثال قد يزيد تركيز أكسيد النتروجين فى الغلاف الجوى. وهذا الغاز يصيب طبقة الأوزون (التى أوجدها الأكسجين الذى تنتجه النباتات) التى تحمى الكائنات الحية الأرضية من موجات الأشعة فوق البنفسجية الطويلة الخطيرة. ولهذا فالزيادة الكبيرة فى أكسيد النيتروجين قد تسبب زيادة مقدار الأشعة فوق البنفسجية التى تصل إلى سطح الأرض، وهو تغير سيكون مدمراً بوسائل مختلفة لأشكال كثيرة من الحياة. وبعيداً عن تأثيرات الغلاف الجوى تحتاج النباتات والحيوانات إلى مقادير كبيرة من النتروجين لبناء البروتينات، ومن ثم إذا انتهكت دورة النتروجين حتى التوقف فسيكون هذا مصيرنا أيضاً.

تساعد النظم البيئية الطبيعية كذلك فى ضبط وتحسّن المناخ. وهى تفعل هذا بالتأثير فى انسياب الطاقة من الشمس، حيث أن هذه الطاقة هى الآلة التى تنظم طقس الكرة الأرضية. ويمكن أن يتبدل ذلك الانسياب بتغير انعكاسية الغلاف الجوى وسطح الكوكب، وبالتالى بتغير مقدار الطاقة الشمسية الممتصة. كما قد يتأثر الانسياب بتغير الدرجة التى يستطيع بها الغلاف الجوى احتباس الطاقة الشمسية التى يمتصها سطح الكرة الأرضية - "تأثير الصوبة". وهذا التأثير يحدث فى الغلاف الجوى غالباً بفعل السحب وبخار الماء وثانى أكسيد الكربون. وتميل هذه العوامل الثلاثة إلى التداخل مع إشعاع الطاقة العائد إلى الفضاء مرتداً من سطح الأرض المدفأ بحرارة الشمس. وحيث أن بخار الماء وثانى أكسيد الكربون واضحان لأبعد فى إدخال الإشعاع من الشمس، وإن كانا يمتصان الإشعاع الخارجى فى صورة حرارة، فالنتيجة النهائية هى احتباس تلك الحرارة القادمة من الشمس قريباً من سطح الأرض. وبسبب تأثير الصوبة فإن سطح الأرض يكون أدفأ بمعدل ٦٠ درجة تقريباً مما لو كان الأمر خلاف ذلك.

لتوضيح التاثير الهائل الذى تمارسه النظم البيئية على انسيابات الطاقة، وبالتالى على المناخات سنتأمل نتح الخضرة المترفة لحوض الأمازون. فهذا الامتداد الضخم للغابة الكثيفة يعيد تدوير الماء المتساقط فوقه مرات عديدة، ويتسبب فى وجود غطاء السحب المستمر المميز للمنطقة. والسحب عاكسات هائلة تعترض ضوء الشمس

وتطرده إلى موضعه الأصلى فى الفضاء. وهكذا فالنظام البيئى الأمازونى يؤثر مباشرة فيما يُحلّ من الطاقة الشمسية التى تصل إلى جزء مهم من سطح كوكبنا. والسحب التى تعكس ضوء الشمس وتسقط المطر تعدّل المناخ الإقليمى بشدة، وقد تؤثر حتى فى المناخات فوق الكوكب بكامله عن طريق التأثير فى أنماط الدوران الجوى الشامل. لهذا ربما يغير قطع الغابة الأمازونية الأنماط المناخية للكرة الأرضية. وعلى المستوى المحلى قد يتسبب فى التصحر، الذى حدث بالفعل فى مساحات قطعت غاباتها شمال شرقى البرازيل.

وفضلاً عن ذلك فتغيرات المناخ الناجمة عن تعديل النظم البيئية يمكن أن تعزز ذاتياً. وكمثال، حين تتصحر مساحات ضخمة فإن نقص الخضرة فى حد ذاته يغير كلا من سطح الانعكاس ومعدل النتح، ويؤدى بوضوح إلى انخفاض إضافى فى تكثف بخار الماء المتشتت إلى مطر. ويبدو أن هذا قد حدث فى الساحل.

ثمة طريقة أخرى تتحكم بها النظم البيئية للكرة الأرضية فى المناخ وهى التأثير فى مقدار ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. وهى تقوم بهذا بواسطة البناء الضوئى والتنفس والامتصاص المحيطى، وكل من هذه الوسائل لازم بصورة أساسية فى دورة الكربون وبالتالى فى تحديد المحتوى الجوى من ثانى أكسيد الكربون. وحين تُعدّل النظم البيئية يتغير ذلك المحتوى. ونحن نعرف، مثلاً، أن تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى يزيد الآن بدرجة خطيرة نتيجة حرق الوقود الحفرى وربما بسبب قطع أشجار الغابات الاستوائية. ويضيف قطع أشجار الغابات الاستوائية ثانى أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوى سواء بالاحتراق أو بتحلل الخشب. ويعاد جزء من مخزون الكربون الذى كان متحداً من قبل فى الكتلة الحيوية للأشجار إلى الغلاف الجوى بكلا العمليتين. وقد يغير قطع أشجار الغابات كذلك أنماط انسياب الكربون عن طريق تقليل مقدار البناء الضوئى، الذى يمتص أثناءه ثانى أكسيد الكربون داخل النباتات. وبديهى أن مقدار ما يحدث من البناء الضوئى لا يقل إذا استبدلت الغابة بمجتمع منتج مساوٍ مثل حقول محصولات معينة.

لقد فُنّد الدور المحدد بدقة لإزالة أشجار الغابات فى تعاظم ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى، ولكن ليس هناك اختلاف مطلقاً على أن تركيزه يرتفع باستمرار منذ عدة عقود. ومن المتوقع أن تكون للزيادة الخطيرة فى ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى عواقب وخيمة: فهى ستؤدى إلى ارتفا ع معدل درجات الحرارة لعموم الكرة الأرضية عن طريق تعزيز تأثير الصوبة. وربما يحدث تضاعف لتركيز ثانى أكسيد الكربون بالنسبة لمستواه قبل العصر الصناعى بحلول منتصف القرن القادم، ويرتفع معدل درجات الحرارة السطحية من درجتين إلى أربع درجات فهرنهيت ما لم تعادل عوامل أخرى تغير ثانى أكسيد الكربون. ومعرفة استجابة النظم البيئية

لتركيزات ثانى أكسيد الكربون المتزايدة ضرورى من أجل التنبؤ بالتغيرات المناخية التى ستحدث. وقد يُعزز بعض الاستجابات تعاظم ثانى أكسيد الكربون بينما يوهنه البعض الآخر. وكمثال على الحالة الأخيرة، يمكن لثانى أكسيد الكربون المتزايد أن يحفز زيادة إجمالية فى معدلات البناء الضوئى وبالتالى فى امتصاص ثانى أكسيد الكربون.

إن مسألة تغير درجة حرارة عموم كوكب الأرض ذات أهمية كبرى، لأنه حتى الزيادة الصغيرة نسبياً فى متوسط درجة الحرارة هذه يمكن أن تحدث تغيرات أكبر بكثير فى درجة حرارة بعض المناطق وتعدل بصورة جوهرية الدورات الطبيعية للكوكب وأنماط تكثف بخار الماء أيضاً. ومن الملاحظ أن مناقشة موضوع ثانى أكسيد الكربون فى الوقت الحاضر تشدد أكثر مما ينبغى على متوسط الحرارة الشاملة، وتشدد أقل مما ينبغى على التغيرات الإقليمية فى درجة الحرارة وتساقط المطر التى ستحدثها بالتأكيد هذه الحرارة الشاملة. والحق أن بعض المواقع قد يصبح أكثر برودة كلما سيّر الغلاف الجوى الأكثر دفئاً الآلة المناخية بصورة أسرع، جاعلاً تيارات من الهواء البارد تنتقل بسرعة أكبر بعيداً عن القطبين. وبإمكان تلك التغيرات أن تقلص الإنتاجيات الزراعية لعقود أو أكثر- وهو سبيل لا ريب فيه إلى الكارثة فى عالم يتزايد سكانه بصورة مفرطة. وكما قال جون هولدرين الفيزيائى بجامعة كولومبيا "أنه من المحتمل أن تقتل المجاعات الناجمة عن مناخ ثانى أكسيد الكربون بليون إنسان قبل عام ٢٠٢٠".

توفير وتنظيم المياه العذبة خدمتان أخريان حاسمتان للنظم البيئية، تقدمان من خلال ضبط تكثف بخار الماء والبخر وانسيابات ماء اليابسة. والنظم البيئية، للغابات مهمة بصورة خاصة فى تقديم هاتين الخدمتين. والواقع أنه على امتداد العالم توفر الغابات وأشكال أخرى من الخضرة ضبطاً للفيضان الحر وضبطاً لتآكل التربة وتقليصاً للجفاف. وافتقاد هذه الخدمات يوضح سنوياً على شاشات التليفزيون الأمريكى فى العناوين الرئيسية لنشرات الأخبار وخاصة أثناء الفصل المطير لجنوبى كاليفورنيا حين تصيب الفيضانات والكتل الطينية المنزلقة المناطق كثيرة التلال التى أحرقت أشجارها فى الفصل الجاف السابق. وبالمثل فإن فيضانات الربيع الكارثية فى وسط الغرب وجنوب الشرق (الأمريكى -م) لا تنتج فقط عن الامتدادات الواسعة من الأرض المعراة من أجل الزراعة، بل كذلك عن مياه صرف المستنقعات والأراضى الأخرى ذات التربة المبتلة التى قامت من قبل بدور مستودعات الاحتفاظ بالماء الزائد.

إن مثالاً دقيقاً عن دور الغابات فى ضبط دورة الماء توفره الغابة الواقعة فوق براكين فيرونجا فى رواندا بوسط أفريقيا. وهذه الغابة المحمية جزئياً بوصفها حديقة قومية للبراكين تهئ ملجأ للغوريلات الجبلية. وهى تشكل أقل من نصف فى المائة من

مساحة أرض رواندا. ومع ذلك تعمل الغابة كإسفنجة ضخمة تمتص المطر المتساقط وتدفعه فى مجار مائية توفر نحو ١٠ ٪ من ماء زراعة هذا البلد كثير السكان. وفى الستينات كانت مساحة الغابة تتراوح من مرتين إلى ثلاث مرات قدر مساحتها الآن، ولكن فى عام ١٩٦٩ قطعت أشجار مساحة كبيرة من الحديقة من أجل زراعة أزهار شبيهة بزهرة الأقحوان تنتج مبيداً حشرياً طبيعياً هو البايريثروم. ونتيجة لهذا جفت بعض المجارى المائية. كما ثبت فى النهاية أن البايريثروم الناتج غير مجد اقتصادياً (فى المقابل مع تجارة السياحة القائمة على الغوريللات والتى كانت ناجحة اقتصادياً).

وتشكل العشائر البشرية المتزايدة الآن ضغطاً هائلاً على حديقة البراكين. وفلاحو رواندا يرغبون فى الانتقال إلى هناك وتجهيز الأرض للزراعة. فهل تُزال أشجار باقى الحديقة لإيواء نمو عشيرة رواندا بضعة أشهر! إن النتيجة ستكون كارثة بالنسبة لكل من الغوريللات والرونديين – الذين هم الآن العشيرة الأكثر ازدحاماً فى أفريقيا ومن بين العشائر الأكثر فقراً فى العالم.

والنظم البيئية المائية تقوم كذلك بتنقية الماء، فهى تحلل الفضلات وتنظف الماء من كثير من المواد السامة ومسببات الأمراض. وهذه الخدمة تتعرض للخطر أو تنتهى كلما فاضت كميات المياه على قدرة النظام أو حين يتم إدخال المواد السامة الصناعية. فالمحللات ليست لديها خبرة تطورية أو لديها خبرة تطورية بسيطة بالمواد السامة الصناعية، وهى عموماً ليست لديها آليات لهضمها.

تَوَلُّد التربات والمحافظة عليها، والتخلص من الفضلات ودوران المغذيات كلها أموراً مهمة، وهى عموماً وظائف ذات علاقات متبادلة للنظم البيئية. وتتضمن نطاقاً واسعاً من الفعاليات: تشظية الصخور بفعل الأشنات والنباتات، تثبيت التربة بواسطة النباتات، أنشطة المحللات والكائنات الحية الأخرى المشتركة فى تدوير المغذيات المشتملة على الكربون والنتروجين والفوسفور والكبريت. وكل هذه الفعاليات مع أكثر من عشر فعاليات أخرى حاسمة بدرجات متفاوتة فى الزراعة والرعى وزراعة الغابات. وكما ذكر من قبل فإن فعاليات بعض الكائنات الحية ضرورية للمحافظة على خليط الغازات فى الغلاف الجوى.

وهذه الخدمات الحيوية لا يمكن استبدالها حسب المقياس المطلوب عن طريق التكنولوجيا البشرية، كما أنه فى حالات كثيرة تفتقد معرفة كيفية عملها ولو على أساس محدود. والحق أنه حتى حين يظن البشر أنهم يخدمون أنفسهم فإنهم فى واقع الأمر يسخرون كائنات حية وحسب كى تعمل لصالحهم، وأعنى كمثال نظم معالجة مياه المجارى التى تستخدم البكتيريا المحللة لتحليل الفضلات البشرية.

النظم البيئية الطبيعية تكبح كذلك الغالبية العظمى من الآفات الزراعية المحتملة وحاملات الأمراض البشرية. ولنتذكر أنه حتى زمن ليس ببعيد جداً كان الحلّم محكوما بأعداءٍ طبيعيين فى كل مكان – إلى أن تدخل البشر بالـ د.د.ت. ولنتذكر، أيضاً، أن الصبار ليس آفة فى أمريكا الجنوبية حيث توجد آكلات عشب ملائمة للسيطرة عليه. وعلاوة على هذا توفر النظم البيئية الطبيعية (سواء فوق اليابسة أو فى البحر) الطعام للبشر كما توفر عدداً هائلاً من الأدوية والمواد المفيدة فى الصناعة. وهى تتضمن مكتبة عامة وراثية للأنواع والضروب البرية نسحب منها الآن الأساس الفعلى للحضارة – فى صورة كل المحاصيل والحيوانات الأليفة، فضلاً عن منتجات نافعة لا تحصى تمتد من القطن والخشب الأحمر والمطاط إلى الصوف والتوابل والزيوت النباتية والمورفين والكينين والديجيتالات (مستخلصات نباتية تستخدم كمنبهات للقلب –م). وتمتلك هذه المكتبة بوضوح إمكانية إنتاج كثير جداً من الثروات المتضمنة أفضل المحاصيل الغذائية للمناطق الاستوائية والنباتات التى تنمو إلى ما يعادل "مزارع الجازولين" (البترول هو منتج معالج جيولوجياً لنباتات وكائنات حية دقيقة ميتة منذ زمن طويل، وتنتج بعض النباتات الحية الآن مركبات كيميائية مشابهة)، وأدوية السرطان وأمراض القلب والاضطرابات العصبية. والمحافظة على التنوع البيولوجى أحد أهم خدمات النظام البيئى. والتدمير المتسارع لهذا التنوع ينبغى أن يكون هماً كبيراً لدى كل منا.

لعلك تتذكر أننى قلت قبل أن أصف الخدمات الحيوية التى تقدمها النظم البيئية أنها حاسمة لمعرفة كيف تؤثر التغيرات المتتابعة فيها. ومن السهولة بمكان أن يفهم هذا بالنظر إلى أثر التتابع على كل الدورات المهمة للمغذيات. ومنذ أوائل الستينات ينفذ الايكولوجيان المتميزان ف. هربرت بورمان وجين لايكنز مع زملائهما خطة بحث، تشكل نقطة تحول، على التغيرات فى نظام بيئى غابىّ فى وادى هبارد بروك التابع لنهر ميريماك فى نيوهامبشير. وأحد أهدافهم الرئيسية هو فهم المدخلات والمخرجات والتدوير الداخلى للمغذيات فى مستجمعات أمطار متماسة صغيرة (تتراوح من ٣٠ إلى ١٠٠ فدان) – والتى، فيما بين أشياء أخرى، يمكن أن تثمر معلومات حول تأثيرات دورات المغذيات على ممارسات زراعة الغابات وكذلك حول عمليات التتابع التالية لإزالة أشجار الغابات.

ونظام هُبارد بروك البيئى قائم على أساس صخرى غير منفذ للماء ولهذا يمكن فيه تتبع انتقال المغذيات فى الماء بسهولة، فالطرق المهمة الوحيدة هى المجارى (المائية). وتكثف بخار الماء بإمكانه جلب المغذيات (كمثال: النحاس من المطر الحمضى) التى يمكن للريح والحيوانات المتجولة نقلها إما إلى داخل النظام أو إلى خارجه. وحيث إن

الرياح فى هذه المنطقة نادراً ما تصبح قوية، وارتحال الحيوانات مكشوف كثيراً لحد ما فالانسيابات الرئيسية للمغذيات يمكن تتبعها بحراسة طريق المغذيات المتحقق بواسطة تكثف بخار الماء أو داخل الماء الجارى. أما تحركات المغذيات الغازية (مثل النتروجين العنصرى وثانى أكسيد الكبريت) فيمكن تتبعها بسهولة.

ولتحديد حجم المدخلات والمخرجات وضعت أجهزة للمطر والثلج المتجمعين على امتداد مستجمعات الأمطار، وحيث تنساب المجارى المائية بعيداً عن هذه المستجمعات أقيمت سدود صغيرة على الصخر الصلب الواقع تحت التربة لحصر انسياب الماء فى اتجاه أجهزة القياس. وقد حللت كيميائياً عينات من ماء التكثف وماء المجرى على فترات منتظمة، وتوفر النتائج المقرونة ببيانات المدخل والمخرج الميزانية العامة للنظام من المغذيات.

وتبين دراسة هبارد بروك بوضوح أن الأجزاء الحية والأجزاء غير الحية من نظام بيئى يابسى يتحدان لتنظيم الماء والطاقة والمغذيات التى تنساب خلاله. ولكن بعض الملاحظات المهمة سجلت عن التأثيرات المتعلقة بمساحة من غابة قطعت أشجارها (حيث تقطع الأشجار وتترك راقدة) فى أحد مستجمعات الأمطار. وفى هذه الحالة كان اختلال التربة عند الحد الأدنى، غير أنه استخدمت كابحات نمو للحيلولة دون إعادة نمو الخضرة (وبالتالى التتابع العادى) لثلاثة فصول نمو. وقد عُدِّلت انسيابات الطاقة على الفور وبشكل مؤثر. فالتربة مثلاً سُخنت بشدة، جزئياً، لأن أشعة الشمس المنعكسة والعائدة إلى الفضاء أو الممتصة بواسطة الغابة كانت قادرة على الوصول إلى السطح. غير أن سبباً ثانياً لتسخين التربة واضح بديهياً بدرجة أقل من نقص التظليل. فحين كانت غابة هبارد بروك كاملة لم تمس كان يستخدم مقدار هائل من الطاقة فى النتح – كلما أطلقت من خلال الأوراق وأجزاء نباتية أخرى الكميات الضخمة من الماء الممتصة من التربة بواسطة جذور النباتات. وبعد إزالة الأشجار أصبحت الطاقة الشمسية، المستخدمة عادة فى التبخير من خلال أسطح الأوراق، حرة فى الوصول إلى أرضية الغابة ورفع درجة حرارتها.

أدى توقف النتح إلى زيادة مقدار الماء فى التربة وإلى زيادة حجم انسيابات المجارى المائية الصيفية. والكثيرة من الماء، الذى كان من قبل يسحب من التربة بواسطة النباتات ويبخر من الأوراق، انتقل بديلاً عن ذلك على الأرض أو من خلال التربة إلى المجارى المائية. وبديهى أن الحجم المتزايد للماء المنتقل حمل معه من التربة المكشوفة حجماً متزايداً من الطمى والمغذيات. إن دراسة هبارد بروك والبحث المقارن عن غابة قطعت أشجارها للبيع (أى أزيلت منها كتل الأخشاب) أشارا إلى أن كلا النظامين عانيا من فقدان كلى متساو للمغذيات لكل وحدة مساحة. وقد أدى إعادة نمو النباتات فى التتابع العادى فوق المساحة المقطوعة بهدف البيع إلى احتفاظ بالمغذيات

أكثر مما فى هبارد بروك، حيث حال كبح النمو دون حدوث نمو جديد. غير أن هذا الاحتفاظ عالى القيمة أبطل بفعل المغذيات المزالة مع كتل الأخشاب، وهى مغذيات سوف تحبس فى أماكن مثل الألواح الخشبية المغلفة للجدران أو طاولات غرف الطعام، أو تبدد حين تحرق فضلات أو نشارة الأخشاب.

كان نقص المغذيات فى المساحتين مقطوعتى الأشجار لكلا مستجمعى الأمطار جوهرياً، وعلى نسق ربع النتروجين ونصف الكالسيوم والبوتاسيوم المخزن فى النظام البيئى قبل القطع. وأوضحت هذه الدراسات أن الإزالة المتكررة أكثر مما ينبغى لكل الأشجار فى جزء من الغابة، أو الإزالة من فوق المنحدرات شديدة الانحدار أو من فوق التربات الرقيقة، أن كل هذه الأشكال من الإزالات تؤدى إلى فقد أشد للمغذيات والتربة، وأن ذلك يُحتّ تربة النظام باستمرار ويقضى على قيمتها الاقتصادية.

وقد أفضت هاتان النتيجتان مع نتائج كثيرة أخرى لدراسة هبارد بروك إلى توصيات مهمة فيما يتعلق بإدارة النظم البيئية الغابوية مثل التوصية بمحاولة تقليل الإخلال بأرضية الغابة إلى أدنى حد للمحافظة على قدرة الغابة على اجتياز تتابع ثانوى عادى. والآليات المستلزمة فى انسيابات المغذيات مثل تلك التى حددت فى هبارد بروك هى الآن موضوعات بحث رئيسية من جانب ايكولوجييّ النظام البيئى. وقد بدأت دراساتهم توضح بالتفصيل كيف تتفاعل أشياء مثل تعرية الصخور والتربات والتحات وتثبيت النتروجين ونمو النبات والتحليل لإحداث وتنظيم هذه الانسيابات.

فى محاولة لفهم الكل عن طريق اختبار الأجزاء نقل الايكولوجيون الاهتمام إلى سلوك عشائر الكائنات الحية الدقيقة للتربة والتى تلعب دوراً حاسماً فى تحركات المغذيات. وعلى سبيل المثال، أوضح بيتر فيتوسيك بجامعة ستانفورد أن الفقد المتزايد للنترات من النظم البيئية ينجم عن الإعداد المبالغ فيه للمساحة من الغابة التى تقطع أشجارها لإعادة زراعتها، حيث تزال الجذلات والجذور الضخمة ونثار الأوراق والأغصان الميتة من فوق أرضيتها. وهذا الإعداد يقلل المتاح من الخشب والمادة العضوية الأخرى الضرورية لنمو عشائر الكائنات الحية الدقيقة التى تكبل النتروجين داخل التربة وتساعد بالتالى فى المحافظة على خصوبتها.

حين تكون الغابات مسخرة من أجل إنتاج الخشب بصورة مستمرة فإن مديريها يحتاجون إلى التنبه للوسائل التى يؤثر بها التتابع على انسيابات المغذيات. ومثلما تتحول النظم البيئية شبه القاحلة فى الوقت الحالى وباستمرار إلى صحار فإن الغابات تتحول إلى نظم بيئية عديمة الأشجار. وهذا اتجاه ينذر بالسوء، لأن الغابة، كما أشرت من قبل، علاوة على أنها توفر الخشب فهى تؤدى خدمات كثيرة أخرى. ومن المؤسف أنه فى أجزاء كثيرة من العالم، حين تجرى محاولة إعادة زراعة الغابة فإن خدمات

النظام البيئى – مثل جريان دورة الماء والمحافظة على المكتبة العامة الوراثية – لا تسترد بالكامل. وهناك سبب رئيسى لهذا وهو أن الغابات الطبيعية تستبدل بالزراعات الأحادية لأشجار غير أصلية، تستطيع عادة وفى أحسن الأحوال أن توفر أساساً لنظام بيئى بسيط نسبياً، مختلف جداً عن النظام الأصلى. وفى أوغندا – ذات المساحة الأكبر قليلاً من ولاية كانساس، والتى لديها الآن بالتناسب مساحات غابات أقل من مساحة غابات هذه الولاية – زرعت مجموعة أشجار كافور أسترالية حيث كانت تنمو فيما مضى غابات أصلية. وإحدى مزايا أشجار الكافور أنها سريعة النمو. ومع هذا ولسوء الحظ فهى تسقط اللحاء والأوراق باستمرار، والقليل نسبياً من النباتات الأخرى يستطيع النمو فى تربة محتوية على زيت الكافور الناجم عن اللحاء والأوراق المتساقطة. وبناء عليه فالغطاء الأرضى فيما بين الأشجار متناثر، والمفترض أن وظيفة تزوده بالماء معرضة للخطر، وأن عدد البيئات الملائمة المتاحة للنباتات والحيوانات الأصلية يتناقص بشدة.

جلىّ أن إزالة أشجار الغابة يمكن أن تعطل ما تقدمه الغابة من خدمات. غير أنه فى المنطقة المعتدلة الشمالية، على الأقل، لا يصبح التهديد الرئيسى للنظم البيئية الغابوية طبيعياً بل كيميائياً. وهذا التهديد يمكن استخدامه كمدخل لفقرتنا الأخيرة الأهم: كيف تُنظّم طرق المغذيات وكيف تحدث البشرية التغيرات الواسعة، أو تهدد بإحداثها، فى النظم البيئية عن طريق تعديل انسيابات المغذيات وتوسيع انسيابات المواد السامة.

فى المنطقة المعتدلة الشمالية تحقن مقادير كبيرة من الكبريت وأكاسيد النتروجين فى الغلاف الجوى من المصانع ومحطات توليد الطاقة الكهربائية ومسابك المعادن والسيارات وغيرها من المصادر. وفى الغلاف الجوى قد تجتاز الأكاسيد تفاعلات كيميائية وتتحول إلى حمضى الكبريتيك والنيتريك، اللذان يسقطان بعدئذ كرواسب حمضية، وربما يترسب ثانى أكسيد الكبريت الجاف ويتحول إلى حمض فوق أوراق النباتات أو فى التربة. وكل من الأحماض وثانى أكسيد الكبريت يمكن أن يكون ساماً بالنسبة للأشجار وغيرها من الخضرة.

إن تأثيرات هذه الرواسب الحمضية واسعة الانتشار. وتحمُّض النظم البيئية من جراء تلك التأثيرات يقضى الآن على السمك وعشائر حيوانية أخرى فى عدة مئات من البحيرات فى اسكنديناڤيا وشمال شرقى أمريكا الشمالية. وعشرات الآلاف من البحيرات الأخرى مهددة، وحوالى ثلث أنهار نوفاسكوتيا (مقاطعة كندية –م) التى تعيل السلمون لن تجرى مدة أطول، كما أن عشائر السمندر آخذة فى الانقراض فى مساحات واسعة لأن البرك التى تعيش فيها أصبحت حامضية أكثر مما ينبغى.

وربما يكون التحمض مسئولاً عن نقص عشائر الطحالب فى غابات الجبال الخضراء بفيرمونت ومسئولاً بالتالى عن تداخل وظيفتى التزود بالماء وضبط التحات. ويظن أيضاً أن الأحماض تسبب انحداراً فى أشجار التنوب الحمراء فى نفس المنطقة، وخاصة فى المواقع المكشوفة عند الارتفاعات العالية. وتظهر أعراض مماثلة أيضاً فى غابات أبّالاشيا الجنوبية. وعلاوة على ذلك اكتشف جون هارتى بجامعة كاليفورنيا المطر الحمضى الذى يهدد النظم البيئية الجبلية بالقرب من معمل بيولوجيا الجبال الصخرية فى كلورادو، وأثناء زيارة إلى الصين حصل على عينة ماء مطر فى مدينة صغيرة له حموضة الخل.

الضرر الناجم عن الملوثات يبدو خطيراً لأبعد حد فى غابات وسط أوربا. فمساحات كبيرة من الغابات الموجودة هناك تموت، ويعتقد العلماء أن السبب الأهم هو إما التحمض أو التغيرات الحادثة فى كيمياء التربة والتى تتداخل مع امتصاص الماء والمغذيات بواسطة الأشجار، أو التأثيرات السامة المباشرة لثانى أكسيد الكبريت والملوثات الأخرى والأوزون. والأوزون يكون نافعاً حين يؤدى وظيفته فى أعلى الغلاف الجوى كحجاب ضد الأشعة فوق البنفسجية، ولكن حين يوجد قريباً من سطح الكرة الأرضية بتأثير ضوء الشمس على أكاسيد النتروجين وملوثات أخرى فإنه يصبح ساماً للنباتات.

ووفقاً لعالم التربة برنارد ألريتش فالأحماض يمكن أن تتحد مع المغذيات مثل الماغنسيوم والكالسيوم وتعزز رشحها من التربة. ويعتقد أن اصفرار الأوراق الإبرية لكثير من الصنوبريات علامة على نقص الماغنسيوم الذى ينتج عن ذلك الرشح. وارتأى العلماء كذلك أن الأحماض تحرك ألمونيوم التربة (تجعله متاحاً للامتصاص بواسطة النباتات)، الذى إن كان وافراً يحتجز فى الدبال فى الأحوال الطبيعية بأشكال غير ضارة. والألمونيوم المحرّك سام وربما يهاجم جذور الأشجار، ويتداخل مع حركة الماء والمغذيات داخلها ويجعلها عرضة بدرجة أكبر للكائنات الحية الممرضة. وقد يغير الألمونيوم أيضاً الفلورا البكتيرية للتربة بوسائل تزيد الحموضة إلى درجة أكبر.

ويعتقد بعض العلماء أن تلك التغيرات فى الغابات الألمانية وأماكن أخرى قد لا تُردّ بأى مقياس زمنى عملى. وثمة آخرون أقل تشاؤماً. ولا يستطيع أحد حقاً فى الوقت الحاضر أن يثق بالضبط فيما يسبب تلف الغابات أو أن يثق تماماً فى كيفية إصلاحها. ويتفق الايكولوجيون، رغم ذلك، على أن الوضع من الوجهة الاحتمالية خطير جداً، وأنه وجد على يد الإنسان المدرك، وأنه متعلق بلا شك وفى الغالب بحقن أكاسيد الكبريت والنتروجين فى الأجواء.

وتأثير التحمض على النظم المائية، فى المقابل، محل شك فقط من جانب علماء معنيين بالملوثات. فمثلاً، استخدم جون هارتى وزملاؤه اثنى عشر جالوناً كعوالم صغيرة لدراسة نتائج تحمض بحيرة. وأسس هارتى كل عالم صغير من ماء البحيرة وبعض راسب قاع البحيرة، المقاس بعناية بحيث تكون النسبة بين سطح الراسب وحجم الماء مثل النسبة الموجودة فى البحيرة الأصلية. ثم أضاف بعدئذ الحمض الملائم بالمعدل الذى يضاف به فى الطبيعة وراقب التأثيرات على اثنى عشر نوعاً من العوالق. وكانت النتيجة تحرر فلزات سامة مختلفة من الراسب بفعل الحمض، بصورة مماثلة جداً لما يحدث فى البحيرات الحقيقية. وإذا كان النظام البيئى فى العالم الصغير مجرداً من الفلزات فإن النظام البيئى فى البحيرة الطبيعية يكون مجرداً كذلك من الفلزات. إن مجموعة هارتى توضح آليات كوارث التحمض المائى، الذى وصفته من قبل، وتنمى أنظمة سوف تسمح بالتنبؤ السهل نسبياً عن مصائر البحيرات المستقلة الخاضعة الآن لترسب الحمض. وتنمى المجموعة الآن، أيضا، عالم تربة متغيراً قائماً على أسس مماثلة يدرس فيه التحمض فى النظم البرية.

والعوالم الصغيرة بقدر ما يمكن أن تكون نافعة فإن فائدتها تعتمد على إمكانية مطابقة النتائج المتحصلة بواسطتها مع النتائج المتحصلة فى النظم الطبيعية. ولسوء الحظ فإن تتبع انسيابات توكسين المغذى فى النظم الطبيعية المائية أكثر صعوبة بكثير من تتبعها فى النظم البرية – حيث تستطيع معظم العناصر التحرك فى الماء بحرية أكبر بكثير من تحركها فى الهواء أو التربة. وفى المقابل فالمغذيات الراشحة من التربات نتيجة للتصحر والأمطار الحمضية والاختلالات الأخرى تنساب ببساطة من اليابسة إلى المجارى المائية والأنهار والبحيرات.

والأداة المستخدمة الآن فى فهم مسالك المغذيات فى النظم الطبيعية المائية هى، ويا للعجب، أثر جانبى للتطورات التى جعلت الحرب النووية قادرة على إنتاج أحد أكثر الأدوات فعالية. وباختصار، إثر الحرب العالمية الثانية بدأت المفاعلات النووية فى معامل أوك ريدج القومية فى جعل النظير المشع للفوسفور ($^{32}p$) متاحاً للايكولوجيين. والنظائر صور للعنصر يتساوى فيها عدد البروتونات ويختلف عدد النيوترونات داخل نواة الذرة. ومن حسن حظ الايكولوجيين أن النظائر المختلفة لنفس العنصر تعامل عادة بالمثل من جانب النظم الطبيعية – فالأميبا تكون سعيدة تماماً باشتراك $^{32}p$ فى مركب أدينوسين ثلاثى الفوسفات (ATP) ، وهو المركب الحاسم فى قدرتها على استخدام الطاقة، بنفس سعادتها عند إشراك النظير $^{31}p$ غير المشع والشائع بدرجة أكبر بكثير.

ولأن النظائر المشعة يمكن تحديدها وقياس كميتها بسهولة فهى تفيد كمتتبعات إلى أقصى حد. فالنظير المشع يضاف إلى نظام طبيعى (مثل تيار دم شخص أو ماء بحيرة) وتحدد حركته داخل النظام بواسطة الإشعاع الذى ينبعث فيه. وبالتالى يغدو الطريق الذى يسلكه النظير خريطة للطريق المعتاد الذى يسلكه العنصر فى النظام.

بتيسر الفوسفور ٣٢ ($^{32}p$) (أصبح عقد الخمسينات فجر عصر فسيولوجيا النظم البيئية. وباستخدام $^{32}p$ كان الايكولوجيون قادرين على تحليل دورات الفوسفور الخاصة بالبحيرات. (وكان ج. ايفيلين هوتشنسن الرائد فى هذا المجال مثلما كان رائداً فى مجالات أخرى). فقد اكتشف، مثلاً، أن الأفكار الأقدم عن دوران الفوسفور فى النظم المائية كانت غير كاملة. وكان يعتقد لفترة طويلة أن هناك دورة فصلية عظيمة تُحرر فيها بصورة تدريجية مؤن الفوسفور من الرواسب لتتجمع فى أسطح الأمواه أثناء الشتاء، وسرعان ما تستهلك بعدئذ فى الربيع بواسطة "أزهار" العوالق، التى تموت وتعيد الفوسفور إلى الرواسب. أما عوالق الصيف فقد كان يعتقد أنها مقيدة بنقص فى الفوسفور المتاح (والنتروجين).

وأوضحت بحوث التتبع أن جزءاً من الدائرة لم يكن عظيماً على الإطلاق - فالواقع أن فترات إقامة الفوسفور فى بعض الكائنات الحية الصغيرة (الوقت الذى تقضيه ذرة $^{32}p$ داخل الكائن الحى) كانت قصيرة وتقدر بدقيقة أو نحو ذلك. وأوضحت الأبحاث أيضاً أن الرواسب لم تكن المصدر المهم بدرجة كبيرة للفوسفور بالنسبة للعوالق. فالمصدر الأهم كان بالأحرى الفوسفور الذى ينتقل من المناطق البرية المحيطة إلى مياه البحيرة. وهناك يجتاز دوراناً سريعاً خلال أجسام الكائنات الحية فى الماء، وينساب بثبات من خلال دورة كائن حى ← ماء ← كائن حى ← ماء هبوطاً إلى رواسب القاع. وفى معظم البحيرات الطبيعية يعود القليل نسبياً من هذا الفوسفور من الرواسب ويصبح متاحاً من جديد للعوالق. وبناء عليه فالنباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة داخل البحيرة تعتمد على مُدخل الفوسفور من الأرض المحيطة.

لو أُخلّ بالانسياب العادى للمغذى - مثلاً، إذا صرفت حمولة منظف غنية بالفوسفات إلى البحيرة - فسوف توجد أزهار العوالق النباتية مثلما تتكاثر بسرعة العشائر المقيدة من قبل بنقص الفوسفور. ولكن النظام بكامله سيعود، عادة، إلى اتزانه السابق بما أن حبيبات الفوسفور تتنقل وتفقد فى الرواسب. ولو كان هناك مُدخل مستمر من المنظف فالبحيرة المخصبة سوف تصل فى هذا الوقت إلى اتزان مختلف تماماً عن الاتزان الطبيعى السابق. والتغير، الذى يسمى التغذية المفرطة، يعتبر غير مرغوب - فهو يؤدى عموماً إلى استنزاف الأكسجين الذائب فى الماء وإلى قتل عشائر ثمينة من الأسماك.

ولحسن الحظ إن توقفت المدخلات تعود البحيرة غالباً إلى حالتها السابقة تقريباً، حيث أن النظام ينظف نفسه من مستويات الفوسفور العالية غير العادية. وقد لوحظ هذا الإصلاح الذاتي في بحيرة واشنطون بسياتل. فالبحيرة عانت من التغذي المفرط في الستينات، ولكن حين أوقف صرف مياه المجاري (المحتوية على المنظفات ومغذيات أخرى) استعادت البحيرة وضعها السابق بسرعة.

ركزت علي الفوسفور لأن $^{32}p$ يسمح بتتبع حركة الفوسفور داخل النظم البيئية بسهولة نسبياً. أما التدوير المعقد بدرجة أكبر لعنصر النتروجين الحاسم فإن استنباطه أكثر صعوبة بكثير حيث لا يوجد له نظير مشع. والمطلوب للأنظمة الحية من النتروجين عشر مرات تقريباً قياساً إلى الفوسفور، غير أن النتروجين عنصر وافر لأقصى حد. والفوسفور، في المقابل، نادر تماماً وهو في الغالب الأعم العنصر الذي يقيد نقصه نمو العشائر. وثمة سبب آخر فيما يتعلق بالفوسفور، فضلاً عن ندرته النسبية، وهو أنه لا يوجد في المركبات الشائعة، التي يمكن أن توجد في حالة غازية، في حين أن النتروجين كعنصر هو ذاته في حالة غازية – وهو العنصر الوافر بدرجة أعظم في الغلاف الجوي. وتميل كل المغذيات المعدنية إلى الانتقال من اليابسة إلى البحر، وهناك تترسب آخر الأمر في الرواسب. وفي أي وقت يوجد فيه النتروجين داخل المحيطات بإمكانه أن يعود إلى اليابسة من خلال الغلاف الجوي، بينما يتحتم على الفوسفور أن ينتظر العمليات الجيولوجية البطيئة جداً ليقوم بنفس الرحلة.

التوكسينات (السموم) مثلها مثل المغذيات تنتقل من مستوى غذائي إلى مستوى غذائي آخر في النظم البيئية. والمواد السامة المدخلة إلى البيئة على يد الإنسان تنتقل كذلك من مكان إلى آخر عبر طرق طبيعية وحيوية على السواء. وكثير من التوكسينات مركبات صناعية متواصلة لأقصى حد في البيئة. وكما ذكرت من قبل فالمحللات الميكروبية التي تدبر حياتها في الأحوال العادية بتكسير الجزيئات المعقدة إلى جزيئات أبسط، هذه المحللات لم تطور القدرة على هضم كثير من المركبات الجديدة المخلّقة في معامل الكيمياء العضوية. وبناء عليه يمكن أن تكون هذه المركبات مصدراً هائلاً لإخلال النظم البيئية بما أنها تسمم الحيوانات التي تلعب أدواراً رئيسية في أداء خدمة كبح آفات الطبيعة.

من البديهي أن معامل الكيمياء – وحتى المصانع العملاقة – ليس بإمكانها أن تنتج معظم المركبات وبكميات هائلة لتسمم الأحجام الضخمة من المياه والتربة التي أصبحت مختلطة. فهناك، رغم كل شئ، نحو ٦٠ أكتيليون (٦٠ متبوعة بـ ٢٧ صفراً) طناً في المياه في المحيطات. ولو قُلّب إنتاج العقد الأخير من مبيدات الآفات المخلّقة، والمبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب ومبيدات الفطريات دفعة واحدة وبعناية في كل المحيطات لما زاد التركيز عن ١ إلى ١٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ – أي أقل من جزء من كل كوادريليون.

وقد أثير هذا الموضوع من جانب السير روبرت روبنسون الحائز على جائزة نوبل فى الكيمياء العضوية، حيث أوضح فى رسالة إلى جريدة التايمز اللندنية أن المركبات المحتوية على الرصاص لا تشكل تهديدا لعوالق المحيط لأنها تصبح مخففة لأقصى حد. وأعلن أنه لا "المتحكمين فى أقدارنا" ولا المشرعين المذعورين منهم مولعون بعلم الحساب..." ثم واصل بعدئذ عمل "حسبة بسيطة" (كما وصفها) من النوع الذى قمت به بالضبط.

ولسوء الحظ أن هذا النوع من الحساب بسيط أكثر مما ينبغى. وفى بيانه الطنان أغفل السير روبرت النقطة الصحيحة. فالمزج السريع والكامل أمر نادر فى النظم الطبيعية الأصلية، وبالنسبة للكثير من المواد فهذا ما لا يجرى بالضبط حين تُستخدم النظم البيولوجية. ولا سيما فى الظاهرة التى تسمى التكبير البيولوجى، حيث تحدث تركيزات من السموم والكائنات الحية أعلى بمرات كثيرة من التركيزات الموجودة فيما يحيط بها من ماء وتربة وهواء. والرصاص، مثلاً، ليس منتشراً فى البيئة بصورة متساوية. فهو يظهر بتركيزات تتراوح من ٠,٠٢ جزءاً فى البليون تقريباً فى المياه العميقة للمحيط، و ٠,٠٧ جزءاً فى البليون تقريباً فى مياه السطح، إلى ما يقرب من أربعة أجزاء فى البليون (من خمسين إلى مائة مرة قدر تركزه فى المحيط) فى مياه الشرب العادية داخل الولايات المتحدة. غير أن النباتات التى تنمو فى المدن قد تحتوى على ٣٠٠,٠٠٠ جزء فى البليون داخل أنسجتها – ١٥ مليون مرة مثل تركيزه فى عمق المحيط. والسبب الوحيد لهذا التراكم الكبير داخل النباتات هو أنها تتقبل بسهولة رابع ايثيل الرصاص من كل من الهواء والتربات، وهو المركب المستخدم كمانع خبط إضافى فى الجازولين (البنزين).

تطور النباتات، بالطبع، القدرة على استخلاص مواد معينة من التربات بطرق مختلفة، وهذه هى الوسيلة التى تكتسب بها ما تحتاجه من المغذيات، كما أن هذه القدرة هى التى تجعلها تركز بعض السموم فى أجسادها. وبالمثل فالحيوانات غير المهاجرة مثل كثير من اللافقاريات البحرية يتحتم أن تستخلص ما تحتاجه من خلال الامتصاص الانتقائى من الوسط الذى تنمو فيه، وغالباً ما يكون هذا مصحوباً باحتمال حدوث آثار جانبية للبشر الذين يتغذون عليها. والمحاريات ترشّح غذاءها من أحجام كبيرة من ماء البحر. ولما كانت تعيش فى أمواه ضخمة حيث التلوث فى أشد حالاته فإنها أحياناً تبدى وبوضوح تركيزات مذهلة من المركبات السامة. وقد وجد أن بعض المحار محمّل بتركيز قدره ٧٠ ألف مرة من تركيز المبيدات الدائمة الموجودة فيما حوله من مياه.

وبناء عليه فالتكبير البيولوجى قد يعزى إلى الحركة المتفاوتة للمواد الكيماوية داخل الكائنات الحية – إما لأن الكائنات الحية تتقبلها بهمة أو لأن المواد الكيماوية لديها انجذاب طبيعى للمركبات الموجودة فى بنية الكائنات الحية. والهيدروكربونات المكلورة، والتى يعد الـ د.د.ت مثالها الأكثر شهرة، تذوب بسهولة شديدة فى الدهون، ولا تذوب فى الماء. وبما أن كل الكائنات الحية تحتوى على الدهن فثمة ميل لدى الهيدروكربونات المكلورة لترك الماء ودخول النباتات والحيوانات والميكروبات حيث تتركز.

غير أنه هناك مصادر أخرى للتكبير البيولوجى يمكن ملاحظة آثارها فى النمو الهائل للسموم داخل الكائنات الحية الموجودة عند النهاية العلوية للسلاسل الغذائية. وفى دراسة مشهورة عن مصب نهر لونج أيسلاند وجد الايكولوجى وود ويل وزملاؤه تركيزات للـ د.د.ت أقل من ٠,١ جزء فى البليون فى النباتات المائية، ٠,٤ أجزاء فى البليون فى البطلينوسات، ٧٥ جزءاً فى البليون فى النوارس. والسبب الأول للتركيز الأعلى من الـ د.د.ت فى الكائنات الحية الموجودة عند قمم السلاسل الغذائية هو أن كثيراً منها يعيش فترة طويلة ويراكم بالتالى المزيد من السموم. وثمة سبب آخر متعلق بالطاقة المفقودة عند كل خطوة على امتداد السلسلة الغذائية كنتيجة للقانون الثانى فى الديناميكا الحرارية. إن حيوانا نموذجياً قد يحتاج عشرة أرطال من الطعام ليعوض أو يكتسب رطلاً من الكتلة الحيوية، أما الباقى فيُخرج ويستخدم لتسيير عملياته الحيوية. ومع هذا فكل الـ د.د.ت، تقريباً، فى الطعام المستهلك يحتجز فى دهن الحيوان. وتكون النتيجة هى التركيز المتزايد.

المغزى هنا أن عشائر المفترسات، الواقعة عند قمم السلاسل الغذائية، عرضة عموما وبدرجة أكبر من آكلات العشب للتسمم عن طريق تراكم المركبات السامة التى يدخلها البشر فى النظم البيئية. وهذا سبب إضافى لكونها معرضة للانقراض بدرجة أكبر من عشائر آكلات العشب. ولنتذكر أن عشائر المفترسات أقل عادة من عشائر آكلات العشب (وبناء عليه أكثر عرضة للانقراض العرضى وللعواقب الوراثية الضارة المتعلقة بصغر الحجم)، وأنها مقارنة بالأخيرة لديها "خبرة" تطورية محدودة بالسموم، ومن المرجح بدرجة أقل أنها مستعدة للمضى قدما نحو آليات لمقاومة التسمم. لا عجب إذن من أن النتيجة الطبيعية للدعاية الضخمة للمبيدات هى نمو المقاومة لدى الآفة وهلاك القسم الأعظم من مفترساتها. وكما فى كارثة وادى كانيتى فى بيرو والمتعلقة بمبيد آفة القطن فإن التوكسينات تؤدى إلى ترقية أنواع جديدة من آكلات العشب إلى مكانة الآفة كلما انحدرت مفترساتها، وتلحق ضررا كبيرا بقدرة النظام البيئى الطبيعية على كبح الآفة.

ما مدى خطورة الضرر الواقع على وظائف النظام البيئى من جراء التعديات الطبيعية والكيميائية؟ من حيث الخطورة فأى شىء يمكن أن يحدث. وما لم تتخذ خطوات لتغيير سلوك البشر كى يبدأ نوعنا فى تخفيف الوطء عن الكوكب فإن المبيدات والأمطار الحمضية وإزالة الغابات والتصحر والتعديات الأخرى على النظم البيئية التى تدعم كل الحياة ستتضافر لتفضى فى نهاية الأمر إلى انهيار الحضارة. ولكن إن كانت اتجاهات التدهور البيئى تنذر بكارثة خلال ٥٠ إلى ١٥٠ سنة، مثلاً، فثمة حدث وحيد يمكنه إحداث الكارثة بنفس النتائج فى زمن يتراوح من ٥٠ إلى ١٥٠ يوماً – وهو حرب نووية واسعة النطاق.

إن حدوث حرب نووية سينهى بكل جلاء معظم خدمات النظام البيئى. وكما شرحت من قبل فالظلام ودرجات الحرارة المنخفضة سوف يوقفان البناء الضوئى ويقطعان السلاسل الغذائية عند قواعدها. وستبقى بعض النباتات حية كبذور أو كأجزاء تحت الأرض غير أن الإنتاجية سوف تهبط إلى الصفر على مساحات كبيرة من الكوكب ولفترة طويلة. ولأن الحياة الحيوانية تعتمد تماماً على النباتات فمعظمها – بما فيها معظم الحياة البشرية – سوف يفنى.

من البديهى أن حدوث حرب نووية واسعة النطاق سيتسبب فى آثار قاسية أخرى على النظم البيئية غير البرد والظلام. ومن المرجح أن نصف الكرة الشمالى بكامله سيصبح مطموراً فى خليط سام من ضباب ودخان، ناتج عن جهنمات عنيفة فى مدن ممتلئة باللدائن، وناتج أيضاً عن الاحتراق طويل الأجل لآبار البترول ومخازن الفحم والحرائق الهائلة وما أشبه. وسيكون الغبار الذرى الاشعاعى المتساقط أكثر شدة بكثير مما افترض من قبل – ومهلك بدرجة تكفى لقتل معظم أشجار الصنوبر والحيوانات ذات الدم الحار (التى تكون حساسة للإشعاع بدرجة أكبر من معظم النباتات والحيوانات الآخرى) فى مناطق كثيرة. وفور تكشف الغلاف الجوى فإن ضوء الشمس العائد سيكون غنياً بموجات الأشعة فوق البنفسجية الطويلة الخطيرة، لأن أكاسيد النتروجين الناتجة عن الانفجارات النووية الحرارية سوف ترقّق طبقة الأوزون الموجودة أعلى الغلاف الجوى، والتى تحجب هذه الموجات فى الأحوال العادية. وسوف يتلف هذا جهاز البناء الضوئى للنباتات ويربك الحشرات الملقحة – إن بقيت أية نباتات أو حشرات على قيد الحياة بعد البرد والظلام.

الانفجار العنيف والنار فى حد ذاتيهما سيلحقان أذى خطيرا بالنظم البيئية بقدر ما سوف تفرغ المواد السامة من أماكن مثل صهاريج الخزن المشقوقة والمحولات المهشمة وأحواض زيت محركات السيارات المحطمة وحفر القاذورات المتصدعة (برك المناجم المحملة بالملوثات). وسوف تطلق السدود المنهارة الفيضانات التى تدمر تدميرا كاملا المجتمعات الطبيعية الواقعة تجاه مجارى الأنهار، والطمى المحمل بالإشعاع ومن

المحتمل كذلك ماء المطر المحمل بالإشعاع والجارى فوق سطح سوف يبيدان الكثير من صور الحياة فى البحيرات والمجارى المائية والأمواه البحرية الضحلة. باختصار، يمكن لحرب نووية حرارية أن تدمر النظم البيئية فوق الكثير أو حتى فوق كل الكوكب وتسبب حادثة انقراض قابلة للمقارنة مع أو أسوأ من حوادث انقراض ما قبل التاريخ التى نوقشت فى الفصل الخامس.

لقد أصبحت البشرية قوة عالمية. والإنسان المدرك الذى هو واحد من ملايين كثيرة من الأنواع ينتقى الآن حوالى ربع كل منتجات البناء الضوئى لاستعماله الشخصى. ولسوء الحظ أن نوعنا مهدد أيضاً بتدمير الكثير من مخزون الكوكب من التنوع العضوى فى وقت يستغرق طرفه عين لا غير، سواء قيس بالدقائق أو بالسنين، بالنسبة للدهور التى وجدت فيها الحياة على الأرض. ويبقى أن نرى ما إذا كان البشر سيكتسبون الحكمة الايكولوجية المطلوبة لتقييد نفوذهم المتنامى قبل أن تدمر تماماً النظم الداعمة لحياتهم الخاصة.

# خاتمة

يبدو مستقبل علم البيئة مشرقاً - وإن كان الأمر ليس كذلك بالنسبة للمحيط الحيوى (البيوسفير). والوقت ملائم لفتوحات فى مجالات كثيرة من علم البيئة. وقد يشهد العقدان القادمان ليس فقط نمو نظرية عامة عما يحكم حجم العشائر بل قد يشهدان أيضاً تكاملاً معرفياً عن سياقات العشيرة، مصا غ فى نظرية عن كيفية أداء النظم البيئية لعملها. كما قطع الايكولوجيون شوطاً طويلاً فى تطوير مبادئ عامة عن سلوك الأوجه المختلفة للنظم المعقدة التى يبحثونها - مثل تنظيم العشيرة على أساس الكثافة العددية - المورد التابع أو على أساس الكثافة العددية - المورد المستقل، واستراتيجيات البحث عن الغذاء، وتطور الجنس والنظم الاجتماعية، والتطور المشترك، واقتسام المورد، والعوامل المحدِّدة لتنوع الأنواع، وبنية الشبكة الغذائية، وانسيابات المغذيات... الخ - وأصبحت الأرض، بالتالى، ممهدة للمزيد من التقدم فى تلك المجالات.

السحابة الأكثر إعتاماً فى أفق علم البيئة فى الوقت الحاضر هى الافتقار إلى تقدير أهميته من جانب عامة الناس. وقد نشرت مجلدات كثيرة عن مستقبل البشرية، ونظامها الاقتصادى، وكذلك عن "المشكلة السكانية" مع قليل من الاعتبار أو دون مراعاة للقضايا الايكولوجية بالغة الأهمية، التى يستلزمها تأمين مستقبل ناجح لنوعنا. ويتضح تجاهل الأهمية الحاسمة لعلم البيئة من المستوى المنخفض المتواصل للدعم المالى المخصص للبحوث الأساسية الخاصة به، والمتصلة بالمجالات الأخرى للمسعى البيولوجى - وعلى الأخص "البحوث البيولوجية الطبيعية". والبحث من أجل فهم الأساس الجزيئى للتسرطن، بما يحتمله من إمكانية كشف وسائل لعلاج السرطان، هو أمر لا يملك أحد ممن ألف الألم والكرب اللذين يسببهما المرض إلا أن يشجعه. والشىء نفسه يمكن أن يقال عن الجهود المبذولة لفهم ومعالجة أمراض القلب. وعلاوة على ذلك فتوفير بيئة أقل رجحاناً فى إحداث هذين المرضين، وهو من عدة أوجه موضوع ايكولوجى، ربما يحمل أعظم الآمال فى الحيلولة دونهما.

والشئ الإضافى المتعلق بالقضية أن السرطان وأمراض القلب هما بالمقارنة مشكلتان ثانويتان إذا قيسا بالكفاح من أجل فهم سلوك الأفراد والعشائر والمجتمعات والنظم البيئية - والهدف منها جميعاً هو المساعدة فى حل مشكلة البشرية العويصة المتعلقة بالحياة فى سلام فوق كوكب الأرض داخل نطاق القيود المفروضة من جانب الطبيعة. وفوق ذلك فالسرطان وأمراض القلب هما عند السواد الأعظم من البشر همَّان

عاديان بالنسبة للهموم الأكثر قرباً المتصلة بالبحث الأساسي في علم البيئة – ضرورات توفير غذاء آمن ومناسب وداعم للبقاء، وتوفير الطاقة واللوازم لكل الناس، وتوفير تحكُّم يوثق به في أمراض مثل الملاريا والبلهارسيا والزحار (الدوسنتاريا).

وعلى الرغم من ذلك فهناك وكالة واحدة فقط في حكومة الولايات المتحدة تدعم البحوث الأساسية في علم البيئة وهي المؤسسة القومية للعلوم **(NSF)** . والميزانيات السنوية لقطاعات المؤسسة القومية للعلوم المخصصة لـ "الايكولوجيا وعلم التصنيف" ولـ"بيولوجيا العشائر" تبلغ حوالي ٣٤ مليون دولار. وفي المقابل تصل ميزانية المعاهد القومية للصحة **(NIH)** إلى أربعة آلاف مليون دولار تقريباً – أي أزيد من مخصصات المؤسسة القومية للعلوم بأكثر من مائة مرة. ورجال الكونجرس الكهول، بخوفهم المفهوم تماماً مما يصيبهم من أمراض، يمولون غالباً البحوث البيولوجية الطبية حتى وإن كانت أعلى من المستوى الذي يمكن أن ينفق المال فيه بجدارة، وأحياناً تبدد مقادير كبيرة من المال على بحوث علاجات أمراض لم يفهم بعد أساسها البيولوجي. وكانت ما تسمى "الحرب على السرطان" مثالاً صارخاً – فملايين الأرواح كان يمكن إنقاذها لو خصصت الاعتمادات المالية نفسها لـ"الحرب على التدخين". والحق، وكما أشار جيرد دياموند، أن وجود المجتمع لن يتهدد حتى وإن لم يتحقق تقدم تجاه معالجة السرطان في الخمسين سنة القادمة. غير أنه ثمة نهاية لأمد حل المشاكل الايكولوجية البشرية، فمثلاً مازال أمامنا أقل من ربع قرن لاتخاذ الخطوات الضرورية للمحافظة على التنوع المدخر في الغابات الاستوائية المطيرة.

لو أدرك أعضاء الكونجرس التهديد بالغ الخطورة لأنفسهم ولأخلافهم، المتمثل في التدمير المتنامي لنظم إعالة حياتهم فإن التمويل المخصص لعلم البيئة في خطط المؤسسة القومية للعلوم ينبغي أن يزيد فوراً. ولكي يحدث هذا بشكل منطقي يجب أن تضاعف الاعتمادات أولاً أربع مرات تقريباً، ثم تزاد تدريجياً إلى نفس المبلغ الضخم الذي يخصص في الوقت الحاضر للمؤسسات القومية للصحة. والمال المطلوب، الذي قد يعزز بشدة فرص بقاء أمريكا على قيد الحياة حتى منتصف القرن القادم وإلى ما بعد ذلك، يمكن أن يوجد بسهولة عن طريق التخلص من بعض البرامج العسكرية – مثل "حرب النجوم" – التي تلزم الأمن الأمريكي، والتي قد تساعد بالفعل في تمهيد السبيل إلى نهاية مجتمعنا قبل منعطف القرن.

وأشك في أن مضاعفة المال المتاح الآن للبحوث الايكولوجية الأساسية من جانب المؤسسة القومية للعلوم أربع مرات بإمكانه أن يوفر اعتمادات لكل البحوث التي يمكن إجراؤها بجدارة وفعالية في الوقت الحاضر، على أيدي الايكولوجيين المتمرسين بصورة جيدة والتطوريين وبيولوجيي العشائر والمشتغلين بالتصنيف (الذين تتقيد معظم أبحاثهم بنقص الدعم المالي). إن بضع ملايين إضافية من الدولارات في كل عام

تقتضيها برامج التدريب الأولية التى توسع صفوفهم. وقد يحتاج الأمر إلى برنامج ينفذ على عجل فى عقد تقريباً كى تضاعف بالكاد عشيرة البحاث الأكفاء. ويمكن لهذا أن يحدث، فقط، لو أن المجتمع غير أولوياته كى توجد وظائف خاصة كافية فى الجامعات والحكومة والصناعة لامتصاص العلماء الزائدين. وفى الوقت الحاضر يرغب المزيد من الطلاب فى أن يصبحوا ايكولوجيين وبأكثر بكثير ممن يجدون عملاً كايكولوجيين. وواقع الأمر أن كثيراً من الشباب الذكى الذى دخل حقل الإيكولوجيا يجد صعوبة فى العثور على عمل. والمطلوب بوضوح هو التزام اجتماعى بالرعاية الشديدة للبحوث الأساسية فى علم البيئة، وتطبيق نتائج هذه البحوث لحل مشاكل البشر.

وأخيراً فإن خمسين مليون دولار فى العام، بالإضافة إلى المساعدة المتزايدة للبحاث الفرادى، ربما تدعم وكما ينبغى مراكز البحث العلمى البيولوجية الميدانية فى العالم، والمستلزمة بوصفها قواعد لإجراء البحث والتدريب فى علم البيئة. وبعض أفضل هذه المراكز، مثل معمل بيولوجيا الجبال الصخرية ومعمل جامعة فيرليغ ديكنسون الرائع فى وست إنديز، يعمل بقليل من المال. والبعض الآخر، مثل معهد بحوث سيرينجيتى بتنزانيا، هو الآن غير فعال بسبب نقص الموارد المالية. كما أن برامج التدريب الحاسمة لجمعية الدراسات الاستوائية فى كوستاريكا تعانى بشكل مزمن من نقص الدعم.

وبالإضافة إلى دعم البحوث الأساسية فإن الالتزام الأشد بالموارد المالية والتعهد الأقوى للمواهب من أجل المحافظة على التنوع البيولوجى – وبخاصة من خلال حماية الغابات الاستوائية – هما أمران جوهريان عاجلان. أما كيفية استخدام تلك الموارد المالية والمواهب فهى خارج مجال هذه المناقشة، باستثناء وحيد وبسيط. وهو أن جهد فهم وفهرسة ذلك التنوع متركز فى متاحف التاريخ الطبيعى الفقيرة التمويل، والمزودة بعلماء تصنيف يحصلون جميعاً وفى الغالب على رواتبهم بصعوبة. وينبغى على الولايات المتحدة أن تدعم فعاليات متحفها للوصول إلى مستوى أعلى بكثير، وأن تشارك فى الوقت نفسه فى جهد دولى ضخم لوقف مدّ الانقراضات التى تهدد بيوتا الكرة الأرضية ومستقبل نوعنا الخاص.

حتى وإن كانت لا توجد دلالة حتى الآن على أن تلك التعهدات آتية فى القريب فالايكولوجيون أنفسهم على الأقل بدأوا أخيراً فى الضغط من أجلها. والدراسات على الآثار طويلة الأمد، والمنتشرة فى كافة أنحاء العالم، للحرب النووية والتى شارك فيها عدد كبير من الايكولوجيين والتطوريين كانت، فى اعتقادى، دليلاً على إدراك متنام بأن الوقت قد حان لجعل أصواتنا تصل إلى مجالس السلطة. وقد فتحت الجمعية الأمريكية لعلم البيئة مؤخراً مكتباً فى حى كولومبيا بواشنطون. ويديره إليوت نورس، وهو عالم شاب يستوعب العلم ذاته والتحديات السياسية التى تواجهه. وكثير من رواد

الإيكولوجيا من جيلى - جيرد دياموند وتوم آزنر وبوب ماى وهال مونى وبيتر رافن وكين وات وإد ويلسون وجورج وودويل وآخرون- أصبح لهم شأن كبير. وينالون تشجيع علماء بارزين أكبر سناً مثل تشارلز بيرش وج. ايفيلين هوتشنسن وإرنست ماير وتشارلز ميشينر ويوجين أودم، كما يحصلون على مساندة عدد كبير من العلماء الأصغر سناً، والذين يجعلون من علم البيئة مجالاً أكثر إثارة.

ورغم ذلك يبدو ثمة تحرك ما فى الاتجاه الصحيح من جانب الوكالات الحكومية والمؤسسات الخاصة. فكلاهما، مثلاً، لديه اهتمام متنامٍ بتمويل البحث فى فرع تطبيقى من علم البيئة وهو بيولوجيا الوقاية، وهذا الفرع هدفه الواضح تطوير الوسائل العلمية الضرورية للمحافظة على كنز الكرة الأرضية من التنوع البيولوجى، وهو كنز يتناقص بسرعة.

ومن ناحية أخرى فالوقت يضيق. وآلة الطبيعة يجرى تدميرها بمعدل متسارع، حتى قبل أن تحدد البشرية على وجه الدقة كيفية أدائها لعملها. والكثير من الضرر غير قابل للإصلاح. ومن أجل الحماية وإصلاح الآلة (إلى المدى المحتمل) فإننا سوف نحتاج إلى زيادة كبيرة فى عدد العلماء الذين ينقبون فى تعقيداتها، بالإضافة إلى تقدير أعمق من جانب الرأى العام وصناع القرار لأهميتها وتصميمها الأساسى على حد سواء. ويجب إيجاد الحافز وإعطاء الفرصة للمزيد من الشباب ليتخذوا من الإيكولولوجيا مهنة لهم. كما يجب أن تكتسب كل البشرية المزيد من التعاطف مع الطبيعة. ولما كان مستقبل الحضارة يعتمد على الطبيعة فينبغى أن يكون لتجنب المحرقة النووية أولوية مساوية للاتجاه نحو فهم الإيكولوجيا.

# الملاحق

# ملحق أ

## التفريد الكهربي

يستلزم التفريد الكهربي، بصورة أساسية، طحن كائن حي أو جزء من كائن حي في محلول خاص. ويجفف الخليط الناتج بورق نشاف ويوضع في وعاء به مقدار مساو من الجيلاتين أو الجلّ. ثم يوضع الجل بعدئذ في مجال كهربي يجعل البروتينات الموجودة في العينة، والتي تحمل شحنات كهربية، تهاجر خلاله. ولما كانت البروتينات مكونة من وحدات بنائية تسمى الأحماض الأمينية، وبما أن الوحدات العشرين التي تشكل مختلف الأحماض البروتينية للبروتينات تبدي اختلافات في شحناتها الكهربية، فبناء عليه يحدد معدل هجرة جزئ البروتين (الوحدة الصغر للبروتين) خلال الجل بحجمه وبشحنته الكهربية، اللذان يعتبران وظيفتين لتركيبة حمضه الأميني.

لكن كيف يمكن للمرء اكتشاف أن أيا من البروتينات قد انتقل إلى مكان ما؟ إن معظم البروتينات التي درست بواسطة التفريد الكهربي هي إنزيمات – والأخيرة مواد عضوية حفازة تؤثر في معدلات العمليات الحيوية لكل كائن حي. فمثلاً إنزيم هيكسوكينيز يرتبط بالجلوكوز – وهو أحد صور السكر – ويسهل إضافة مركب كيميائي محتوياً على الفوسفور إلى السكر. ويسمى المركب الناتج ٦ – فوسفات جلوكوز. وفي هذا المثال يسمى الجلوكوز المادة الخاضعة لفعل الإنزيم ويكون ٦ – فوسفات جلوكوز هو الناتج. ولاكتشاف المكان الذي هاجرت إليه جزيئات إنزيم معين داخل الجل يصبح من الضروري معرفة المادة الخاضعة التي يؤثر فيها ومعرفة تقنية لصباغة ما سوف ينم عن وجود الناتج. وحين يعالج جلّ بالمادة الخاضعة المناسبة وبالصبغة تبدو مواضع جزيئات الإنزيم كشرائط مصبوغة. وإن وجدت صورة مختلفة من الإنزيمات فإن بعض الشرائط سوف تظهر في الأحوال العادية أبعد من الأخرى مشيرة إلى اختلاف وحدات بناء الحمض الأميني التي ذهبت إليها.

كيف يرتبط كل هذا بقابلية التباين الوراثي؟ – إنه يثبت في النهاية أنه كلما زاد تفاوت المسافات المهاجر إليها (في زمن ما) كلما كانت قابلية التباين الوراثي قائمة. وبما أن آلافاً عديدة من البروتينات المختلفة يمكن بناؤها باستخدام الترتيبات المختلفة للعشرين حمضاً أمينياً، كما تحدد أنواع تتابعات الأحماض الأمينية الداخلة في البروتينات بواسطة الدنا مباشرة، أي بواسطة جينات الكائن الحي – والواقع أن ذلك هو ما يجعل من الدنا كل شئ فيما يتعلق ببرمجة تركيبة البروتينات – لهذا فإن

التفاوت فى مسافات الهجرة المعبر عنها بالشرائط المصبوغة فى جيلاتينات التفريد الكهربى يمثل التفاوت فى التركيب الوراثى للكائن الحى.

وإن كنت قد درست علم الحياة فى المدرسة الثانوية أو فى الجامعة فلعلك حاولت إجراء بعض التجارب البسيطة عن قواعد الوراثة المندلية التى تتضمن، مثلاً، إجراء تزاوج بين ذبابة فاكهة ذات عيون حمراء عادية وأخرى ذات عيون بيضاء. ثم سجلت بعدئذ تكرارات تزاوج الأفراد العادية مع الأفراد بيضاء العيون وأنسالهما فى عدة أجيال لاستنباط نظام الوراثة المندلية. ونفس التجارب بالضبط يمكن إجراؤها على ذباب الفاكهة الذى لديه اختلافات فى إنزيم معين يهاجر فى الجل بمعدلات مختلفة - وفى معظم الحالات يمكن تبين أن هذه الاختلافات تندرج تحت نفس نوع التحكم الوراثى البسيط مثلها مثل ألوان العيون.

# ملحق ب

## إيضاح عن جدال المحايدين

علاوة على الطفرة والانتخاب تؤثر قوتان أخريان مهمتان فى القدرة الوراثية الجماعية للعشيرة (مستودعها الجينى). والقوة الأولى هى الهجرة – الناجمة عن أفراد حاملة للجينات إلى داخل أو خارج العشيرة. ومن الواضح أن هذا "الانسياب الجينى" قد يكون له تأثير ذو مغزى على التركيب الوراثى للعشيرة. وفى واقع الأمر لو أن الجينات محايدة فإن قدراً ضئيلاً جداً من الهجرة المتبادلة بين عشيرتين يبقى على نفس التكرارات (الوراثية) فى كلتيهما. وهذا يجعل معرفة الانسياب الجينى مهمة لأبعد حد فى محاولات تحديد أى التباينات الوراثية الملاحظة فى عشائر من أنماط جغرافية مختلفة يكون محايداً. فإن كانت للعشائر نفس التكرارات الجينية وكانت معزولة تماماً فإنها تشير إلى أن الانتخاب يحافظ على تلك التكرارات. ومن ناحية أخرى إذا كان هناك ولو قدر ضئيل من الانسياب الجينى بينها حينئذ يمكن أن يكون التباين محايداً ويحافظ على تكراراتها المتماثلة عن طريق الهجرة. .

العامل المهم الثانى هو التغيرات العشوائية فى التركيب الوراثى للعشيرة والناتجة، فيما بين أشياء أخرى، عن المصادفات التى تساعد على تحديد من يستطيع ومن لا يستطيع أن يتكاثر (*) . والتغيرات العشوائية تحدث بالانتخاب أو بدونه.

وأهمية التغيرات العشوائية مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بحجم العشيرة، كما يمكن أن تلاحظ فى مثال بسيط: لنفترض أن هناك عشيرة مكونة من أربع فسفسات، إحداها تمتلك جيناً جديداً. فإذا حدث وخطت بقرة فوق إحدى الفسفسات فإن احتمال فقد الجين من العشيرة يكون بنسبة ٢٥ ٠/٠ ومن ناحية أخرى لنفترض وجود عشيرة مكونة من ألف فسفسة يحمل ٢٥٠ فرداً منها الجين الجديد وخطت بقرات فوقها بصورة عارضة فقتلت ٢٥٠ فرداً من بين الألف. فما هى فرصة أن يكونوا جميعاً وبالصدفة ممن يحملون الجين الجديد؟ – الفرصة ضئيلة لأبعد حد، ومن أجل الأهداف العملية يمكن تجاهل الاحتمال.

---

(*) إن سبباً رئيسياً فى التغيرات العشوائية هو خطأ أخذ العينة، الكامن فى الطريقة التى تعمل بها الآلية الوراثية – فمثلاً، الحيوانات المنوية والبويضات التى تتحد لتكون جيلاً جديداً هى فحسب عينة من تلك الحيوانات المنوية والبويضات التى كان يمكن أن تنتج، وعينة مما أنتج ويجب أن يتحد. والأمر بالضبط كمثل عشر رميات لعملة معدنية فى الهواء يمكن وبسبب خطأ أخذ العينة أن تنتهى بتقديم وجه الملك ست مرات ووجه الكتابة أربع مرات (وهو انحراف عما هو متوقع وهو خمس مرات لكل وجه)، ولهذا فخطأ أخذ العينة قد يتسبب فى تكرارات الجين فى جيل النسل الناتج بجعلها تختلف عن تكرارات جيل الأبوين. هذا وما سوف يرد فى نص الملحق مبسطاً غير أنه يمثل جوهر موضوع معقد.

تتسبب حوادث عشوائية مختلفة، وبلا هدف، فى رفع وخفض نسب أنواع مختلفة من الجينات – أى الانحراف إلى أعلى أو إلى أسفل. ولهذا السبب يقال عادة إن الحوادث العشوائية تحدث الانحراف الجينى. وبناء عليه يمكن للصدفة أن تلعب دوراً خطيراً فى تشكيل المستودع الجينى للعشائر الصغيرة، بينما لا تستطيع أن تفعل هذا فى العشائر الكبيرة.

على خلاف الانحراف الجينى تغيِّر عوامل التطور الأخرى نسب الجينات بطريقة منتظمة. فالانتخاب يفضل نوعاً ما من المعلومات الوراثية عن نوع آخر. وتغير الطفرة نوعاً ما من المعلومات الوراثية إلى نوع آخر. وتضيف الهجرة أو تطرح نوعاً من المعلومات الوراثية إلى أو من العشيرة.

المشكلة الأهم التى تواجه من يحاولون تفسير جدال المحايدين هى فرز تأثيرات الانتخاب من تأثيرات الطفرة والهجرة والانحراف. وقد ابتكرت نماذج رياضية لهذا الهدف – للبحث فى سلوك جينات مستقلة ومجموعات من الجينات فى ظل افتراضات انتخابية ومحايدة – لاقت درجات متفاوتة من النجاح.

وعلى سبيل المثال يطور مارك فيلدمان زميلى بجامعة ستانفورد نظرية تركز على الوجه الحاسم للمشكلة – أى كيف يستطيع المرء أن يحكم على ما إذا كان جين إنزيم فيما يبدو خاضعاً للانتخاب هو كذلك بالفعل. إنه قد يكون بديلاً عن ذلك جيناً "محايداً" بمعنى أنه بالضبط "ينتقل متطفلاً" على جين آخر يكون فى حالة انتخاب، وما يحدث هو أنه متقارب جسمياً مع جين الإنزيم على الكروموسوم (تميل تلك الجينات المتقاربة جسمياً إلى الانتقال معاً).

يقع بحث مارك فى دائرة نفوذ وراثة العشائر، وهو حقل طور بالفعل نصاً ضخماً لنظرية تقيس ما سوف يحدث لتكرارات الجين فى العشيرة الخاضعة لأنظمة متباينة من التطفر والهجرة والانتخاب والانحراف. غير أن المخططات المطورة النافعة فى حسم جدال المحايدين بواسطة تحليل النماذج الملاحظة من التباين الوراثى ثبت أنها صعبة.

هناك أيضاً نهجان فى تناول المشكلة قائمان لا على النظرية بل على التجربة والملاحظة. أحدهما يتمثل فى عمل زميل آخر بجامعة ستانفورد هو وارد وات، الذى تأمل قدرة الأشكال المختلفة بدرجة طفيفة جداً لإنزيم واحد على التحكم فى معدلات التفاعلات الكيميائية للتحول الغذائى فى كائن حى، وبحث الظروف التى توجد فى ظلها هذه الأشكال المختلفة فى العشائر الطبيعية لفهم ما إذا كانت توجد علاقة ما بينهما. ويوجد وارْد مسألة مثيرة للإعجاب حيث يمكن حساب التباين فى بعض إنزيمات الفراشات عن طريق أدائها لوظائفها فى درجات حرارة مختلفة. فعشائر الفراشات التى تعيش فى بيئات أكثر برودة تميل إلى امتلاك أشكال مختلفة من الإنزيمات تغدو

فعالة بدرجة أكبر فى التجهيزات المعملية عند درجة الحرارة الأكثر برودة عنها من الأشكال التى تسود فى عشائر فراشات الأماكن الأدفأ. ويدل هذا بالطبع على أن الضغوط الانتخابية تختلف فى البيئات الأبرد عن البيئات الأدفأ، وإلى أن التباين الخاضع للدراسة ليس محايداً بالتالى.

لقد حقق وارْد تقدماً جديراً بالاعتبار فى توضيح كيف يشكل التطور تفاصيل التحول الغذائى لكائن حى. وأبحاثه تتطلب وقتاً طويلاً لأبعد حد وتضافراً شديد التدقيق بين التجريب الميدانى والمعملى. على أن مثل هذا البحث الدقيق ليس بمقدوره إنهاء جدال المحايدين. وتوضيح أن الأشكال المختلفة لإنزيم واحد فى كائن حى واحد خاضعة للتحكم الانتخابى ليس إلا واحداً من تفاصيل هائلة وكثيرة من المعلومات المطلوبة لحسم المسألة. حتى الحياديون التقليديون يتفقون على أنه فى بعض الحالات يتحتم أن يؤثر الانتخاب فى منظومات الإنزيمات. وفقط، حين يعرف الوراثيون ما يحدث لعشرات الإنزيمات فى مئات أو آلاف الكائنات الحية ساعتها يمكن أن توجد إجابة عامة عن مسألة الحياد. ولسوء الحظ فالقليل جداً من البيولوجيين لديهم تضافر مواهب واهتمامات وارْد وات. وبناء عليه فنهج وارْد فى دراسة الأشكال المختلفة للإنزيم فى حين أنه يقدم معلومات ذات أهمية عامة كبيرة للتطوريين إلا أنه يحمل أملاً ضعيفاً فى حل سريع للجدال.

ثمة نهج آخر لحل النزاع قائم على تحليل أنماط كثيرة لتباين الإنزيمات عبر مناطق جغرافية أو من خلال الزمن بدون دراسة خواص الإنزيمات الفردية. وهذا هو النهج الذى تتبناه جماعة بحثنا وآخرون كثيرون. وبهذا تمتلك جماعتنا ميزة هائلة، فنحن نعرف الكثير عن ايكولوجيا الفراشات الشطرنجية التى ندرسها وخاصة قدرة الأفراد على الانتقال بين العشائر ونقل الجينات أثناء عملية الانتقال. ونعرف أنه فى مواقع كثيرة لا توجد هجرة ذات مغزى بين عشائر الشطرنجيات. ولهذا فنحن قادرون على التخلص من النظر إلى ذلك المبدأ الواحد المتقلب الذى يستطيع التأثير فى تكرارات الجين وأن نركز على محاولة التمييز بين تأثيرات الانتخاب والطفرة والانحراف.

ورغم هذه الميزة فالنتائج ليست مشجعة. وحتى الآن وبعد جهد هائل فنحن قادرون فقط على أن نحدد، عن طريق الاستبعاد، أن الانتخاب لابد أن يشرك إما بصورة مباشرة أو غير مباشرة (بواسطة التنقل المتطفل) فى تعيين الأنماط التى نراها فى عدد قليل من إنزيمات هذا النوع الواحد لكائن حى. إن مشكلتنا مشابهة لمشكلة وارْد – وفى حين نتعلم أشياء مهمة فالجهد النسبى المطلوب لإضافة ولو قدر ضئيل جداً من المعلومات لإنهاء جدال المحايدين أصبح جهداً هائلاً.

## ملحق جـ

### الإحصاءات، والفرض الباطل، ورقعات الداما

إن فرصة قطعة عملة معدنية فى الاتيان بوجه الملك عشر مرات متتالية عند شقلبتها فى الهواء فى رهان وعن طريق الصدفة تحسب كما يلى: عند كل رمية تكون فرصة الملك ١/٢ (أو ٠,٥) ولأن العملة بلا ذاكرة فإن الاحصائيين يقولون إن الرميات "مستقلة" وأن فرصة تكرار وجه الملك مرتين متتاليتين فى رهان هى ١/٢ فى كل مرة × ١/٢ أو ١/٤، وأن فرصة تكرار وجه الملك عشر مرات متتالية فى الرهان هى ١/٢ فى المرة الأولى مضروبة فى نفسها تسع مرات (أو ٠,٥)^١٠. والإجابة هى ١/١٠٢٤ أو ٠,٠٠١ تقريباً. ومعنى هذا أن احتمال الحدث الذى نتناوله، وهو تتالى وجه الملك عشر مرات، يتم عن طريق الصدفة أقل قليلاً من مرة فى كل ألف مرة. ومن ناحية أخرى لو جرى رمى العملة فى الهواء ألفى مرة، كل منها تشمل عشرة تتابعات لوجهى العملة فإن المرء ينبغى أن يتوقع أن تسفر المحاولة عن ظهور وجه الملك (أو وجه الكتابة) عشر مرات متتالية مرتين تقريباً.

إن مستوى الاحتمال المختار بوصفه ذا مغزى (أى، بقدر ما يكون الاحتمال صغيراً قبل الاضطرار إلى رفض الإمكانية كسبب للظاهرة المدروسة) هو غالباً مادة لإصدار حكم. ولنفترض، على سبيل المثال، أن اختبارا أجرى على مجموعتين من المتطوعين البشر لتقرير أى الأدوية الرخيصة يحد من خطورة نزلات البرد. وأن المجموعة التى تلقت الدواء شفيت، فى المتوسط، من نزلات البرد بسرعة أكبر من المجموعة الحاكمة التى تتلقى الدواء الوهمى فقط. غير أنه من البديهى أن المجموعتين لن يتعافيا من نزلات البرد فى نفس الوقت بالضبط، حتى وإن لم يحصلا على أية أدوية على الإطلاق. ولذا يجب تطبيق اختبار احصائى لتحديد الاحتمال الذى يؤثر به الدواء فى النتيجة بالفعل – وبكلمات أخرى، يجب إجراء الاختبار المتعلق بما يسمى "الفرض الباطل" حيث يعزى الاختلاف إلى الصدفة وحدها. فالمرء يود التأكد من أن المجموعة التى تلقت الدواء شفيت لا بسبب الصدفة بل بفعل الدواء. وإلا فإن البشر قد ينفقون قدراً من المال على دواء غير فعال. وبناء عليه يحتاج المرء إلى احتمال أقل من ٠,٠٠١ فى أن الصدفة وحدها مسئولة قبل نبذ الفرض الباطل القائل إن الدواء لم يكن مختلفاً عن الدواء الوهمى. إن ثمن رفض الفرض الباطل (وهو تقرير أن الدواء فعال)، حين يكون الفرض حقيقياً بالفعل (وهو أن الدواء غير فعال والفرق ناجم عن الصدفة)، هذا الثمن سيكون مرتفعاً.

وفى المقابل إن كان شخص ما يستخدم الفئران لاختبار المواد الكيماوية الدفاعية المستخلصة من النباتات لاكتشاف أية درجة فاعلية فى أى منها ضد سرطانات الفأر، فإنه سيقبل احتمال واحد فى العشرين (٠,٠٥) فيما يتعلق بالتفكير غير الصحيح وهو أن العلاج بدواء واحد أفضل من العلاج "بدون دواء". وجلى أنه من الخطأ ألا يبحث كل مركب يظهر بشير نجاح، وأن ثمن رفض الفرض الباطل عن خطأ سيكون منخفضاً نسبياً - فالمطلوب هو ببساطة بحث ما إضافياً قبل التوصل إلى أن المادة الكيماوية ليست لديها بالفعل إمكانية ضد السرطان.

كيف للمرء أن يُرتب فرض باطل عن توزيع الطيور فوق الجزر لاختبار حدوث توزيعات رقعة الداما بفعل التفاعلات البيولوجية؟ - هناك طريقة ما أجرتها مجموعة سمبرلوف لاستكشاف هذا بواسطة الكمبيوتر، بإيجاد كل الترتيبات المحتملة للطيور فوق الجزر، عن طريق استخدام العدد الفعلى لأنواع الطائر فى الفونا، والعدد الفعلى للجزر، وبوضع عدد الطيور الموجودة هناك بالفعل فوق كل جزيرة. وبمثال بسيط لنفترض وجود ثلاثة أنواع فقط هى **1**, **2**, **3** وجزيرتين هما أ، ب. ولنفترض أن الفونا الفعلية كانت النوع **1** فوق الجزيرة أ، والنوعان **2**, **3** بم فوق الجزيرة ب - أى (أ - **1**، ب - **3،2**). وتصبح الترتيبات المحتملة الأخرى فى ظل القواعد المقدمة أعلاه هى (أ - 2، ب **1**- **3**). و(أ - **3**، ب -**2،1**). إن ترتيب الفونا الفعلية مضافاً إليها الترتيبات المحتملة الأخرى تشكل "توزيعا باطلا" - وهى مجموعة الترتيبات المحتملة فى ظل القواعد المطروحة. ويستطيع المرء أن يرى، إذن، كيف يمكن مقارنة الترتيبات الفعلية بالترتيبات المحتملة.

وفى الحالة المذكورة أعلاه قد يكون من الصعب (على الأقل على أساس التوزيع الجغرافى المرئى وحده) استنتاج أى النوعين **2** أو **3** (أو الاثنين معاً) يقصى بالتنافس النوع **1** من الجزيرة ب. ومع ذلك لو كانت الطيور موزعة عشوائياً فوق الجزر (أى أن التوزيع راجع إلى الصدفة) فإن التوافق المرئى بالعين سوف يظهر فى ثالث الحالات. ولكنك ستلاحظ فى النص وجود مشاكل خطيرة تصاحب الأساس المنطقى لهذا الاختبار.

# معجم المصطلحات

## (A)

| | |
|---|---|
| alder | شجرة الحور الرومى |
| alligator | قاطور (تمساح أمريكى) |
| american jacana | اليقنة الأمريكى (طائر) |
| analogy | تناظر وظيفى |
| ani | آنى (طائر بأمريكا الاستوائية) |
| animal breeders | الناسلات الحيوانية |
| antelope = wildebeest = gnu | تيتل = بقرة وحشية = نُوّ |
| aphids | المنّ |
| aspen tree | شجرة حور رجراج |
| auk | الأوْك (طائر) |

## (B)

| | |
|---|---|
| banteng | البانتنج (ثور وحشى) |
| barnacle | البرنقيل (حيوان بحرى قشرى يعلق بالصخور) |
| bushmaster | سيدة الأدغال (حية أمريكية كبيرة سامة) |
| bass | ذئب البحر (سمك) |
| Bay checkerspot butterfly | فراشة الخليج الشطرنجية (فراشة باى الشطرنجية) |
| beaver | السمّور |
| Biogeography | البيوجغرافيا |
| biota | بيوتا (نباتات وحيوانات مكان ما أو زمان ما) |
| bison | البيزون = ثور الخلاء (حيوان برى أمريكى شبيه بالثور) |
| blackbird | الشحرور |
| blackburnian warbler | الطائر المغرد شديد السواد |
| blenny | البلينىّ (سمك صغير يألف الشواطئ الصخرية) |
| boblink | الطائر المراح |
| bombardier beetle | خنفساء فاسيّة |
| bowerbird | طائر التعريشة (طائر يشيد أعشاشاً مدهشة) |
| browser | حيوان آكل للأغصان والأفرع المرتفعة |
| bullfrog | أبو هبيرة (ضفدع أمريكى كبير) |
| bumblebee | نحلة طنانة |

## (C)

| | |
|---|---|
| **capedog** | كلب كيب (كلب أفريقى صياد للفرائس) |
| **canopy** | ظُلَّة (الجزء الأعلى المتغضن الصلب من الغابة الاستوائية المطيرة) |
| **capybara** | خنزير الماء (من أكبر القوارض) |
| **caribou** | الرنَّة |
| **carnivore** | آكل لحوم |
| **carrying capacity** | قدرة الحمل |
| **cassowary** | الشبنَّم (طائر شبيه بالنعامة ولكنه أصغر منها) |
| **catfish** | سلُّور (= صلور: ويشمل أسماك القرموط والشلبية والبياض) |
| **cattail** | ذيل القط (نبات ينمو فى المستنقعات) |
| **ceratotopsians** | مقرّنات (ديناصورات شبيهة بوحيد القرن) |
| **chalcedon checkerspot butterfly** | الفراشة الشطرنجية العقيقية |
| **cheetah** | الفهد الصياد (القط النمرى: نمر شبيه بالقط) |
| **checkerspot butterfly** | الفراشة الشطرنجية |
| **chevrotain** | الشيفروتين (حيوان مائى أفريقى قريب الصلة بالدب) |
| **chickadee** | قرقف أمريكى (طائر ذو قلنسوة سوداء) |
| **chipmunk** | سنجاب الأرض |
| **circularity** | الدائرية |
| **clan** | قبيلة |
| **clear - cutting** | جزء من غابة أزيلت كل أشجاره |
| **coevolution** | التطور المشترك |
| **community** | مجتمع |
| **Community ecology** | إيكولوجيا المجتمعات |
| **competitive coevolution** | التطور المشترك التنافسى |
| **competitive exclusion** | إقصاء التنافس |
| **conservation biology** | بيولوجيا الوقاية |
| **conventional evolutionist** | تطورىٌ تقليدىّ |
| **convergent evolution** | التطور المتلاقى |
| **cougar** | كُوجر (أسد أمريكى) |

| | |
|---|---|
| **covey** | سرب |
| **coydog** | كلب قيوطى (ناتج من تهجين طبيعى بين كلب وذئب) |
| **coyote** | القَيُّوط (ذئب صغير بشمال أمريكا) |
| **crab spider** | العنكبوت شبيه السرطان |
| **cyclop** | برغوث ماء |

## (D)

| | |
|---|---|
| **damselfly** | ذبابة العذراء |
| **dandelion** | هندباء برية |
| **decomposer** | محلل |
| **deep ecology** | علم البيئة العميق |
| **deer elk** | إيّل = إلْك (أكبر الأيائل) |
| **diapause** | سكون مؤقت |
| **differential reproduction** | تكاثر مميزٌ (تفاضلى) |
| **differential predation** | افتراس مميزٌ |
| **density - dependent** | الكثافة العددية – المورد التابع |
| **density - independent** | الكثافة العددية – المورد المستقل |
| **diploid** | مزدوج الكروموسومات |
| **diversifying evolution** | التطور المنوِّع |
| **DNA** | الدنا (حمض ديؤكسى ريبوز النووى) |
| **domimance hierarchy** | مراتبية السيادة |
| **duckbill (platypus)** | البلاتبوس = منقار البط (حيوان مائى ثديبى بيوض من حيوانات استراليا، منقاره كمنقار البط) |
| **dynamics** | الديناميات (تغيرات الحجم) |

## (E)

| | |
|---|---|
| **ecology** | إيكولوجيا (علم البيئة) |
| **ecologist** | إيكولوجى (المتخصص فى علم البيئة) |
| **ecosystem** | نظام بيئى |
| **Edith's checkerspot butterfly (Euphydryas editha)** | فراشة إيديث الشطرنجية |
| **eland** | العلند (ظبى أفريقى ضخم) |
| **electrophoresis** | التفريد الكهربى |
| **Eleanora's falcon** | صقرإلينورا |
| **emu** | الآمو (طائر استرالى شبيه بالنعامة ولكنه أصغر منها) |
| **environment** | بيئة |
| **epidemiologist** | إبيديميولوجى (دارس سياق الأمراض فى العشائر) |
| **Escherichia coli** | بكتيريا الأمعاء (ايشيريشيا كولاى) |
| **ethologist** | إيثولوجى (المختص بدراسة سلوك الحيوان فى الظروف الطبيعية) |
| **eutrophication** | التغذية المفرطة (يصبح النبات بعدها غنياً بالمغذيات المذابة مثل الفوسفات وهى تعمل على إطالة عمره، مما يؤدى إلى استنزاف الأكسجين الذائب فى الماء) |
| **evolutionary adaptation** | تكيف التطور |
| **evolutionary convergence** | تلاقى التطور |

## (F)

| | |
|---|---|
| **fauna** | فونا (مجموعة حيوانات مكان أو زمان ما) |
| **fitness** | الصلاحية |
| **flock** | فوج |

| | |
|---|---|
| **flora** | فلورا (مجموعة نباتات مكان أو زمان ما) |
| **foliage** | أوراق النبتة |
| **forbs** | فوربات (حشائش غير عشبية غنية بالبروتين) |
| **fossil record** | السجل الحفرى |
| **frequence** | تكرار (صورة متكررة) |

## (G)

| | |
|---|---|
| **gamete** | مشيج |
| **gene pool** | مستودع جينى |
| **gene splicers** | جدائل جينية (ناتجة عن التأشيب الاصطناعى) |
| **geneticist** | الوراثىّ (عالم الوراثة) |
| **genetic endowment** | قدرة وراثية |
| **genetic polymorphisms** | تعدد الأشكال الوراثى |
| **genetic type (genotype)** | التركيب الوراثى (الطرز الجينى) |
| **genetic variability** | قابلية التباين الوراثى |
| **genetic variant** | صورة مغايرة وراثية |
| **genetic variation** | التباين الوراثى |
| **gibbon** | جِبّون (قرد رشيق الحركة) |
| **goatfish** | أبو ذقن (سمك) |
| **goby** | القوبيون (سمكة شائكة الزعانف) |
| **goldfish** | سمكة ذهبية |
| **Gondwana land** | جوندوانا (قارة ضخمة يعتقد أنها كانت موجودة قديماً فى نصف الكرة الجنوبى) |
| **good science** | العلم الصحيح (مقابل العِلم الزائف) |
| **grackles** | الطَيور السوّادية |
| **gradualists** | التدرجيون (دعاة وأنصار نظرية داروين فى التطور العضوى) |
| **grazer** | حيوان يرعى الأعشاب المنخفضة |
| **grizzly bear** | الدب الأشهب |

| | |
|---|---|
| **grouper** | الأخفس (سمك يألف قيعان البحار الدافئة) |
| **group selection** | انتخاب الجماعة |
| **grouse** | طيهوج (طائر) |
| **grunt** | ناخر (سمكة بحرية استوائية) |
| **guild** | طائفة (مجموعة من أنواع حيوانية مختلفة تستغل مورداً مماثلاً بأسلوب مماثل) |

## (H)

| | |
|---|---|
| **habitat** | موطن |
| **haploid** | أحادى الكروموسومات |
| **haplodiploidy system** | النظام أحاد ازدواجى (للكروموسومات) |
| **hibernation** | السُّبات |
| **herbicide** | كابح نمو (للنبات) |
| **Homo sapiens** | الإنسان المدرك |
| **honeysuckle family** | عائلة صريمة الجدى (النباتية) |
| **horsefly** | ذبابة الحصان |
| **hummingbird** | الطائر الطنان |

## (I)

| | |
|---|---|
| **individual selection** | انتخاب الفرد |
| **iguana** | إجوانة (سحلية أمريكية ضخمة آكلة عشب) |
| **inhabitant** | مستوطن |
| **impala** | امبالا (تيتل أفريقى) |
| **inputs** | المدخلات |
| **insularization** | التجزّر |
| **interspecific competition** | تنافس الأنواع (التنافس بين أفراد من أنواع مختلفة) |
| **interspecific territoriality** | إقليمية أفراد الأنواع المختلفة |
| **intraspecific competition** | تنافس النوع (التنافس بين أفراد نوع واحد) |
| **intraspecific territoriality** | إقليمية أفراد النوع الواحد |
| **investment theory** | نظرية الجهد المبذول |

## (J)

| | |
|---|---|
| **jacana** | اليقنة (طائر المستنقعات) |
| **jackal** | ابن آوى |
| **jack - in - the - pulpit** | الأرسيمة (عشب أمريكى) |
| **jaguar** | اليَغْور (نمر أمريكى استوائى مرقط) |
| **jay** | الزرياب (طائر) |

## (K)

| | |
|---|---|
| **kin selection** | انتخاب الأقارب |
| **kirk's dik - dik** | دقدق كيرك (تيتل أفريقى صغير) |
| **koala** | كَوالاَ (حيوان كيسى استرالى) |
| **kongoni** | الظبى الكونغونى |

## (L)

| | |
|---|---|
| **ladybird beetle** | الدعسوقة |
| **leopard** | النمر الأرقط (الفهد) |
| **leopard frog** | الضفدعة الفهد |
| **lichen** | الأشن |
| **limpet** | بطلينوس (من الرخويات) |
| **lizard fish** | سمكة العظاية |
| **lynx** | الوشق (سنور أصغر من النمر) |

## (M)

| | |
|---|---|
| **macroevolution** | تطور واسع النطاق |
| **magnolia** | المنغولية (نبات) |
| **mangrove** | المنجروف (شجرة استوائية) |
| **mainland** | اليابسة (أراضى القارات) |

| | |
|---|---|
| **maple tree** | شجرة القيقب |
| **marabou stork** | لقلق أبو سُعْن (طائر) |
| **marmot** | مرموط (قارض) |
| **marsh wren** | صعو المستنقعات (طائر) |
| **mayfly** | ذبابة مايو |
| **meadowlark** | قبرة المروج |
| **medfly** | الذبابة المتوسطية |
| **meiosis** | الانقسام الاختزالى أو المنصف |
| **mexfly** | الذبابة المكسيكية |
| **microclimate** | مناخ محلى |
| **microevolution** | تطور محلى |
| **milkweeds** | حشيشة اللبن (نبات) |
| **milpa agriculture** | زراعة ملباوية (قائمة على إزالة أشجار غابة ثم زراعة أرضها عدة مواسم وهجرها، وإزالة أشجار غابة أخرى، وهكذا دواليك) |
| **mirid bug** | بق المستنقعات |
| **mite** | حَلَم |
| **mitosis** | الانقسام الميتوزى |
| **moa** | مُوَّه (طائر منقرض) |
| **monarch** | الفراشة الكبيرة |
| **monogamous** | أحادى الزواج |
| **moose** | مُوظ (إيّل) |
| **moth** | فراشة |
| **mussel** | بلح البحر (من الرخويات) |
| **mycorrhizae** | الجذر فطريات (الفطريات الجذرية) |

## (N)

| | |
|---|---|
| **naked mole rats** | فئران الخُلْد العارية |
| **nasturtium** | أبو خنجر (نبات) |
| **naturalist** | الطبيعى (عالم التاريخ الطبيعى) |
| **nich** | بيئة ملائمة |

## (O)

| | |
|---|---|
| **omnivore** | قارتْ (آكل النبات والحيوان) |
| **ornithologist** | عالِمْ الطيور |
| **oryx** | المارِيّة (تيتل أفريقى) |
| **outputs** | المُخرجات |
| **ovenbird** | الطائر الفران (يبنى عشه على الأرض على شكل فرن) |
| **overgrazing** | الرعى الجائر |

## (P)

| | |
|---|---|
| **paca** | الباكا (قارض أمريكى ضخم) |
| **paleontolgist** | الأحفورى (عالم حفريات أو متخصص فى الحفريات) |
| **pangolin** | البنجول |
| **parula** | البارولا (طائر) |
| **passion - fruit vines** | نبات شرق الفُلك |
| **peppered moth** | الفراشة المرقشة |
| **phenotype** | المظهر |
| **physiological ecology** | الإيكولوجيا الفسيولوجية |
| **phytoplanklon** | العوالق النباتية |
| **plankton** | العوالق |
| **plantago erecta** | لسان الحمل (نبات) |
| **plant propagators** | المولدات النباتية |
| **pocket gopher** | الغوفر (سنجاب جيب أمريكى) |
| **population** | عشيرة |
| **population ecology** | إيكولوجيا (علم بيئة) العشائر |
| **prairie chicken** | ديك البرارى |
| **praying mantis** | فرس النبى المتضرع |
| **predator** | مفترس |
| **pronghorn** | شائك القرن (وعل بأمريكا الشمالية) |
| **ptarmigan** | التُّرمجان (طائر) |

| | |
|---|---|
| **punctuanists** | الترقيميون (دعاة فكرة التطور العضوى غير المتواصل) |
| **punctuated equilibria** | الاتزانات المرقمة (المتقطعة – غير المتصلة) |

## (R)

| | |
|---|---|
| **rail** | التِّفْلق (من طيور الماء) |
| **ranch** | رنش (مزرعة كبيرة لتربية الحيوانات البرية التى تصلح كغذاء للبشر) |
| **rasberry** | توت العليق |
| **recombination** | تأشيب = إعادة الاتحاد (عملية تحدث فى الانقسام الاختزالى) |
| **reforestation** | إعادة إيجاد الغابة |
| **renewable resource** | مورد متجدد |
| **repopulation** | إعادة إعمار |
| **reserve** | أرض احتياطية |
| **rhea** | الرِّية (طائر شبيه بالنعامة ولكنه أصغر منها) |
| **rhino** | وحيد القرن (خرتيت = كركدن) |
| **robin** | أبو الحناء (طائر) |
| **rock wren** | صعو الصخر (طائر) |
| **rush** | السمَّار (نبات) |

## (S)

| | |
|---|---|
| **Sahel** | الساحل (نطاق يمتد جنوبى الصحراء الكبرى شاملاً عدة دول أفريقية) |
| **sandpiper** | زمَّار الرمل = الطيطوى (طائر) |
| **sawfish** | أبو منشار (سمك) |
| **scale insec** | القرمزية (حشرة) |
| **scavenger beetle** | خنفساء القمامة |
| **seedling** | نبتة |

| | |
|---|---|
| **selectionists** | الانتخابيون (دعاة وأنصار الانتخاب الطبيعى) |
| **shallow ecology** | علم البيئة الضحل |
| **sib selection** | انتخاب الأنساب |
| **snail darter** | زُقَّة القواقع |
| **snapdragon family** | عائلة أنف السمكة |
| **snapper fish** | السمك النهاش |
| **sociality** | المخالطة الاجتماعية |
| **sociobiology** | علم اجتماع البيولوجيا |
| **sparrowhawk** | الباشق (طائر) |
| **speciation** | تشكل الأنواع |
| **species diversity** | تنوع الأنواع |
| **spruce** | شجرة التنوب الفضى |
| **starling** | زرزور (طائر) |
| **stonefly** | ذبابة الحجر |
| **succession** | التتابع |
| **superorganism** | مجتمع منظم يعمل ككل عضوى |
| **surgeon fish** | السرجون (سمك) |
| **swidden agriculture** | زراعة سويدينية (زراعة مؤقتة لقطعة أرض بعد قطع وحرق ما عليها من أشجار) |
| **swordfish** | أبو سيف (سمك) |

## (T)

| | |
|---|---|
| **tapir** | تابير (حيوان أمريكى شبيه بالخنزير) |
| **termites** | النمل الأبيض |
| **terrestrial** | يابسى - أرضى - برى |
| **territoriality** | الإقليمية |
| **Thomson's gazelle** | ظبى طومسون |
| **thrush** | الدُّج (طائر) |
| **ticks** | القُراد |
| **topi** | توبى (تيتل أفريقى) |
| **tracer** | المتتبع (نظير مشع) |
| **two- sex system** | منظومة الجنسين |

## (U)

| | |
|---|---|
| **undergrowth** | دقّ الشجر (أعشاب أو نباتات قصيرة تنمو مَتخللة أعشاباً ونباتات أطول) |
| **understory** | تحت الظلة (النباتات التى تنمو أسفل ظلة الغابة) |

## (V)

| | |
|---|---|
| **vicariance biogeography** | بيوجغرافيا البيئة المشطّاة |
| **vicariant** | المُشطّى (صفة واسم لكائن حى فى بيئة جديدة ناشئة بعد تفتت بيئته الأصلية بفعل عوامل طبيعية) |

## (W)

| | |
|---|---|
| **waterlogging** | الرى الزائد |
| **watershed** | مستجمع أمطار |
| **whiptail lizard** | السحلية ذات الذيل الخفاق |
| **wild doves** | اليمام البرى |
| **wood nymph** | حوراء الخشب |
| **World Wildlife Fund (WWF)** | الصندوق الدولى للحياة البرية |
| **worthog** | خنزير برى أفريقى |
| **wrasse** | اللبروس (سمكة صغيرة) |

## (Z)

| | |
|---|---|
| **zonation** | التمنطق (تمايز المناطق) |
| **zooplankton** | العوالق الحيوانية |
| **zygote** | لاقحة |

## معجم عربى - إنجليزى

### ( أ )

| | |
|---|---|
| أبو الحناء (طائر) | robin |
| أبو خنجر (نبات) | nasturtium |
| أبو سيف (سمك) | swordfish |
| أبو منشار (سمك) | sawfish |
| الاتزانات المرقمة (المتقطعة) | punctuated equilibria |
| أحادى الزواج | monogamous |
| الأحفورى (عالم حفريات أو متخصص فى الحفريات) | paleontologist |
| أرض احتياطية | reserve |
| إعادة إعمار | repopulation |
| إعادة إيجاد الغابة | reforestation |
| الإقليمية | territoriality |
| انتخاب الأقارب | kin selection |
| انتخاب الأنساب | sib selection |
| الانتخابيون (دعاة وأنصار الانتخاب الطبيعى) | selectionists |
| آنى (طائر بأمريكا الاستوائية) | ani |
| إيثولوجىّ (المختص بدراسة سلوك الحيوان فى الظروف الطبيعية) | ethologist |
| الإيكولوجيا الفسيولوجية | physiological ecology |
| إيكولوجيا العشائر | population ecology |

### ( ب )

| | |
|---|---|
| البارولا (طائر) | parula |
| الباشق (طائر) | sparrowhawk |
| الباكا (قارض أمريكى ضخم) | paca |
| البانتنج (ثور وحشى) | banteng |

| | |
|---|---|
| cyclop | برغوث ماء |
| barnacle | البرنقيل (حيوان بحرى قشرى يعلق بالصخور) |
| limpet | بطلينوس (من الرخويات) |
| mirid bug | بقة المستنقعات |
| Escherichia coli | بكتيريا الأمعاء (ايشيريشياكولاى) |
| duck bill (platypus) | البلاتبوس = منقار البط (حيوان مائى ثديى بيوض من حيوانات أستراليا، منقاره كمنقار البط) |
| mussel | بلح البحر (من الرخويات) |
| blenny | البلينى (سمك صغير يألف الشواطئ الصخرية) |
| environment | بيئة |
| nich | بيئة ملائمة |
| bison | البيزون = ثور الخلاء (حيوان برى أمريكى شبيه بالثور) |
| biota | بيوتا (نباتات وحيوانات مكان ما أو زمان ما) |
| biogeography | البيوجغرافيا |
| vicariance biogeography | بيوجغرافيا البيئة المشظّاة |
| conservation biology | بيولوجيا الوقاية |

( ت )

| | |
|---|---|
| tapir | تابير (حيوان أمريكى شبيه بالخنزير) |
| recombination | تأشيب = إعادة الاتحاد (عملية جوهرية فى الانقسام الاختزالى) |
| genetic variation | التباين الوراثى |
| succession | التتابع |
| insularization | التجزّر |
| understory | تحت الظلّة |
| gradualists | التدرجيون (دعاة وأنصار نظرية داروين فى التطور العضوى) |
| punctuanists | الترقيميون (دعاة فكرة التطور العضوى غير المتواصل) |
| genetic type (genotype) | التركيب الوراثى (الطرز الجينى) |

| | |
|---|---|
| ptarmigan | التّرمجان (طائر) |
| speciation | تشكل الأنواع |
| conventional evolutionist | تطوريٌّ تقليديّ |
| coevolution | التطور المشترك |
| competitive coevolution | التطور المشترك التنافسيّ |
| convergent evolution | التطور المتلاقى |
| microevolution | تطور محليّ (محدود) |
| diversifying evolution | التطور المنوِّع |
| macroevolution | تطور واسع النطاق |
| genetic polymorphisms | تعدد الأشكال الوراثى |
| eutrophication | التغذية المفرطة (يصبح النبات فى إثرها غنياً بالمغذيات المذابة مثل الفوسفات، وهى تعمل على إطالة عمر النبات مما يؤدى إلى استنزاف الأكسجين الذائب فى الماء) |
| electrophoresis | التفريد الكهربى |
| rail | التِّفلق (طائر مائى) |
| differential reproduction | تكاثر مميِّز (تفاضلى) |
| frequency | تكرار (صورة متكررة) |
| evolutionary adaptation | تكيف التطور |
| evolutionary convergence | تلاقى التطور |
| zonation | التمنطق (تمايز المناطق) |
| analogy | تناظر وظيفى |
| interspecific competition | تنافس الأنواع (التنافس بين أفراد أنواع مختلفة) |
| intraspecific competition | تنافس النوع (التنافس بين أفراد نوع واحد) |
| spruce | التنُّوب الفضى (شجرة) |
| species diversity | تنوع الأنواع |
| topi | توبى (تيتل أفريقى) |
| rasberry | توت العليق |
| antelope = wildebeest = gnu | تيتل = بقرة وحشية = نُوّ |

## ( ج )

| | |
|---|---|
| جِبّون (قرد رشيق الحركة) | **gibbon** |
| جدائل جينية (ناتجة عن التأشيب الاصطناعى) | **gene splicers** |
| الجذر فطريات (الفطريات الجذرية) | **mycorrhizae** |
| جوندوانا (قارة ضخمة يعتقد أنها كانت موجودة قديماً فى نصف الكرة الجنوبى) | **Gondwana** |

## ( ح )

| | |
|---|---|
| حشيشة اللبن (نبات) | **milkweeds** |
| حَلَم | **mite** |
| حوراء الخشب | **wood nymph** |
| حور رجراج (شجرة) | **aspen tree** |
| حور رومى (شجرة) | **alder** |

## ( خ )

| | |
|---|---|
| خنزير برى أفريقى | **worthog** |
| خنزير الماء (من أكبر القوارض) | **capybara** |
| خنفساء فاسية | **bombardier beetle** |
| خنفساء القمامة | **scavenger beetle** |

## ( د )

| | |
|---|---|
| الدائرية | **circularity** |
| الدِب الأشهب | **grizzly bear** |
| الدُّج (طائر) | **thrush** |
| الدُعسوقة | **ladybird beetle** |
| دقدق كيرك (تيتل أفريقى صغير) | **kirk's dik - dik** |
| دَقَ الشجر (أعشاب أو نباتات قصيرة تنمو متخللة أعشاباً أو نباتات أطول) | **undergrowth** |
| الدنا (حمض دِيؤكسى ريبوز النووى) | **DNA** |
| ديك البرارى | **prairie chichen** |
| الديناميات (تغيرات الحجم) | **dynamics** |

( ذ )

| | |
|---|---|
| ذئب البحر (سمك) | **bass** |
| ذبابة الحجر | **stonefly** |
| ذبابة الحصان | **horsefly** |
| ذبابة العذراء | **damselfly** |
| ذبابة مايو | **mayfly** |
| الذبابة المتوسطية | **medfly** |
| الذبابة المكسيكية | **mexfly** |
| ذيل القط (نبات ينمو فى المستنقعات) | **cattail** |

( ر )

| | |
|---|---|
| الرعى الجائر | **overgrazing** |
| الرنَّة | **caribou** |
| رنش (مزرعة كبيرة لتربية الحيوانات البرية التى تصلح كغذاء للبشر) | **ranch** |
| الرىّ الزائد | **waterlogging** |
| الرِّية (طائر شبيه بالنعامة ولكنه أصغر منها) | **rhea** |

( ز )

| | |
|---|---|
| زراعة سويدينية (زراعة مؤقتة لقطعة أرض بعد قطع وحرق ما عليها من أشجار) | **swidden agriculture** |
| زراعة ملِباوية (قائمة على إزالة أشجار غابة ثم زراعة أرضها عدة مواسم وهجرها إلى إزالة أشجار غابة أخرى.. وهكذا دواليك) | **milpa agriculture** |
| زرزور (طائر) | **starling** |
| الزرياب (طائر) | **jay** |
| زُقّة القواقع | **snail darter** |
| زمار الرمل = الطيطوى (طائر) | **sandpiper** |

( س )

| | |
|---|---|
| الساحل (نطاق يمتد جنوبى الصحراء الكبرى شاملاً عدة دول أفريقية) | **Sahel** |
| السُّبات | **hibernation** |
| السجل الحفرى | **fossil record** |
| السحلية ذات الذيل الخفاق | **whiptail lizarb** |
| سرب | **covey** |
| السرجون (سمك) | **surgeon fish** |
| سكون مؤقت | **diapause** |
| السلُّوْر= الصلّور (يشمل أسماك القرموط والشلبية والبياض) | **catfish** |
| السمَّار (نبات) | **rush** |
| السمكة الذهبية | **goldfish** |
| سمكة العظاية | **lizard fish** |
| السمّور | **beaver** |
| سنجاب الأرض | **chipmunk** |
| سيدة الأدغال (حية أمريكية كبيرة سامة) | **bushmaster** |

( ش )

| | |
|---|---|
| شائك القرن (وعل بأمريكا الشمالية) | **pronghorn** |
| الشبّنم (طائر شبيه بالنعامة ولكنه أصغر منها) | **cassowary** |
| شجرة القبقب | **maple tree** |
| الشحرور | **blackbird** |
| شرق الفُلك (نبات) | **passion - fruit vines** |
| الشيفروتين (حيوان مائى أفريقى قريب الصلة بالدب) | **chevrotain** |

( ص )

| | |
|---|---|
| صعو الصخر (طائر) | rock wren |
| صعو المستنقعات (طائر) | marsh wren |
| صقر إلينورا | Eleanora's falcon |
| الصلاحية | fitness |
| الصندوق الدولى للحياة البرية | World Wildlife Fund (WWF) |
| صورة مغايرة وراثية | genetic variant |

( ض )

| | |
|---|---|
| الضفدعة الفهد | leopard frog |

( ط )

| | |
|---|---|
| طائر التعريشة (طائر يشيد أعشاشاً مدهشة) | bowerbird |
| الطائر الطنان | hummingbird |
| الطائر الفران (يبنى عشه على الأرض على شكل الفرن) | ovenbird |
| الطائر المغرد شديد السواد | blackburnian warbler |
| الطائر المراح | boblink |
| طائفة (مجموعة من أنواع حيوانية مختلفة تستغل مورداً مماثلاً بأسلوب مماثل) | guild |
| الطبيعىّ (عالم التاريخ الطبيعى) | naturalist |
| طيهوج (طائر) | grouse |
| الطيور السوّادية | grackles |

( ظ )

| | |
|---|---|
| ظبى طومسون | Thomson's gazelle |
| الظبى الكونغونى | kongoni |
| ظُلّة (الجزء الأعلى المتغضّن الصلب من الغابة الاستوائية المطيرة) | canopy |

## ( ع )

| | |
|---|---|
| **snapdragon family** | عائلة أنف السمكة (النباتية) |
| **honeysuckle family** | عائلة صريمة الجدى (النباتية) |
| **ornithologist** | عالِم طيور |
| **population** | عشيرة |
| **sociobiology** | علم اجتماع البيولوجيا |
| **shallow ecology** | علم البيئة الضحل |
| **deep ecology** | علم البيئة العميق |
| **good science** | العلم الصحيح (مقابل العلمِ الزائف) |
| **eland** | العلَند (ظبى أفريقى ضخم) |
| **crab spider** | العنكبوت شبيه السرطان |
| **plankton** | العوالق |
| **zooplankton** | العوالق الحيوانية |
| **phytoplankton** | العوالق النباتية |

## ( غ )

| | |
|---|---|
| **pocket gopher** | الغَوفر (سنجاب جيب أمريكى) |

## ( ف )

| | |
|---|---|
| **naked mole rats** | فئران الخُلد العارية |
| **moth** | فراشة |
| **Edith's checkerspot butterfly (Euphydryas editha)** | فراشة ايديث الشطرنجية |
| **Bay checkerspot butterfly** | فراشة الخليج الشطرنجية (فراشة باى الشطرنجية) |
| **checkerspot butterfly** | الفراشة الشطرنجية |
| **chalcedon checkerspot butterfly** | الفراشة الشطرنجية العقيقية |
| **monarch** | الفراشة الكبيرة |
| **peppered moth** | الفراشة المرقشة |
| **praying mantis** | فرس النبى المتضرع |
| **flora** | فلورا (مجموعة نباتات مكان أو زمان ما) |

| | |
|---|---|
| فوج | **flock** |
| فوربات (حشائش غير عشبية غنية بالبروتين) | **forbs** |
| فونا (مجموعة حيوانات مكان أو زمان ما) | **fauna** |

( ق )

| | |
|---|---|
| قابلية التباين الوراثى | **genetic variability** |
| قارِتْ (آكل النبات والحيوان) | **omnivore** |
| قاطور (تمساح أمريكى) | **alligator** |
| قبرة المروج | **meadowlark** |
| قبيلة | **clan** |
| قدرة الحمل | **carrying capacity** |
| قدرة وراثية | **genetic endowment** |
| القراد | **ticks** |
| قرقف أمريكى (طائر ذو قلنسوة سوداء) | **chickadee** |
| القرمزية (حشرة) | **scale insect** |
| القوبيون (سمكة شائكة الزعانف) | **goby** |
| القيُّوط (ذئب صغير بشمال أمريكا) | **coyote** |

( ك )

| | |
|---|---|
| كابح نمو (للنبات) | **herbicide** |
| الكثافة العددية – المورد التابع | **density - dependent** |
| الكثافة العددية – المورد المستقل | **density - independent** |
| كلب قيّوطى (ناتج تهجين طبيعى بين كلب وذئب) | **coydog** |
| كلب كيب (كلب أفريقى صياد للفرائس) | **capedog** |
| كوالا (حيوان كيسىّ أسترالى) | **koalo** |
| كوجر (أسد أمريكى) | **cougar** |

## ( ل )

| | |
|---|---|
| لاقحة | **zygote** |
| اللبروس (سمكة صغيرة) | **wrasse** |
| لسان الحمل (نبات) | **plantago erecta** |
| لُقلُق أبو سُعُّن (طائر) | **marabou stork** |

## ( م )

| | |
|---|---|
| المارّية (تيتل أفريقى) | **oryx** |
| المتتبّع (نظير مشع) | **tracer** |
| مجتمع | **community** |
| محلل | **decomposer** |
| المخالطة الاجتماعية | **sociality** |
| المخرجات | **outputs** |
| المدخلات | **inputs** |
| مراتبية السيادة | **dominance hierarchy** |
| مرموط (قارض) | **marmot** |
| مزدوج الكروموسومات | **diploid** |
| مستجمع أمطار | **watershed** |
| مستودع جينى | **gene pool** |
| مُستوطن | **inhabitant** |
| المُشظّى (صفة واسم لكائن حى فى بيئة جديدة ناشئة بعد تفتت بيئته الأصلية بفعل عوامل طبيعية) | **vicariant** |
| مشيج | **gamete** |
| المظهر | **phenotype** |
| مفترس | **predator** |
| مقرّنات (ديناصورات شبيهة بوحيد القرن) | **ceratotopsians** |
| مناخ محلى | **microclimate** |
| المنجروف (شجرة استوائية) | **mangrove** |
| المن | **aphids** |
| منظومة الجنسين | **two - sex system** |

| | |
|---|---|
| **magnolia** | المنغولية (نبات) |
| **renewable resource** | مورد متجدد |
| **habitat** | موطن |
| **moose** | موظ (ايّل) |
| **plant propagators** | المولِّدات النباتية |
| **moa** | مُوَّه (طائر منقرض) |

( ن )

| | |
|---|---|
| **grunt** | ناخر (سمكة بحرية استوائية) |
| **animal breeders** | الناسلات الحيوانية |
| **seedling** | نبتة |
| **bumblebee** | نحلة طنانة |
| **haplodiploidy system** | النظام أحاد ازدواجى (للكروموسومات) |
| **ecosystem** | نظام بيئى |
| **investment theory** | نظرية الجهد المبذول |
| **leopard** | النمر الأرقط (الفهد) |
| **termites** | النمل الأبيض |
| **snapper fish** | النهاش (سمك) |

( هـ )

| | |
|---|---|
| **dandelion** | هندباء برية (نبات) |

( و )

| | |
|---|---|
| **rhino** | وحيد القرن = خرتيت = كركدن |
| **lynx** | الوشق (سنّور أصغر من النمر) |
| **geneticist** | الوراثىّ (عالم الوراثة) |

( ى )

| | |
|---|---|
| **mainland** | اليابسة (أراضى القارات) |
| **terrestrial** | يابسى = أرضى = برى |
| **jaguar** | اليغْور (نمر أمريكى استوائى مرقط) |
| **jacana** | اليقنة (طائر مستنقعات) |

# مراجع

Andrewartha, H. G., and L. C. Birch. 1954. The Distribution and Abundance of Animals. University of Chicago Press.

- 1984. The Ecological Web. University of Chicago Press.

Brown, J. H., and A. C. Gibson, 1983. Biogeography. C. V. Mosby, St Louis. A broad, modern treatment of the subject.

Dobzansky, T., F. J. Ayala, G. L. Stebbins, and J. W. Valentine. 1977. Evolution. W. H. Freeman, San Francisco.

Elton, C. 1927. Animal Ecology. Science Paperbacks, Methuen and Co., London.

Futuyma, D. J. 1979. Evolutionary Biology. Sinauer Associates,

Sunderland, Mass.

- , and M. Slatkin, eds. 1983. Coevolution. Sinauer, Sunderland, Mass.

Harper, J. L. 1977. Population Biology of Plants. Academic Press, London.

Hutchinson, G. E. 1978. An Introduction to Population Ecology. Yale University Press, New Haven.

Krebs, C. J. 1978. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance, 2nd ed. Harper and Row, New York.

Krebs, J. R., and N. B. Davies, eds. 1978. Behavioral Ecology: An

Evolutionary Approach. Sinauer, Sunderland, Mass.

Mac Arthur, R. H. 1972. Geographical Ecology. Harper and Row, New York.

Mayr, E. 1963. Animal Species and Evolution. Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Milkman, R., ed. 1982. Perspectives on Evolution. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.

Odum, E. P. 1971. Fundamentals of Ecology, 3rd ed. W. B. Saunders Co., Philadelphia.

Ricklefs, R. E. 1979. Ecology, 2nd ed. Chiron Press, New York.Roughgarden, J. 1979.
Theory of Population Genetics and Evolutionary Ecology: An Introduction. Macmillan, New York.

Soul(, M. E., and B. A. Wilcox, eds. 1980. Conservation Biology: An Evolutionary- Ecological Perspective. Sinauer Associates,

Sunderland, Mass.

Southwood, T. R. E. 1966. Ecological Methods. Methuen and Co., London.

Vermeij, G. J. 1978. Biogeography and Adaptation: Patterns of Marine Life. Harvard University Press, Cambridge, Press.

Whittaker, R. H. 1975. Communities and Ecosystems, 2nd ed. Macmillan, New York.

Wilson, E. O. 1975. Sociobiology. Harvard University Press, Cambridge, Mass.

## المحتويـات

# المشروع القومى للترجمة

| | | |
|---|---|---|
| ١ – اللغة العليا (طبعة ثانية) | جون كوين | ت : أحمد درويش |
| ٢ – الوثنية والإسلام | ك. مادهو بانيكار | ت : أحمد فؤاد بلبع |
| ٣ – التراث المسروق | جورج جيمس | ت : شوقى جلال |
| ٤ – كيف تتم كتابة السيناريو | انجا كاريتنكوفا | ت : أحمد الحضرى |
| ٥ – ثريا فى غيبوبة | إسماعيل فصيح | ت : محمد علاء الدين منصور |
| ٦ – اتجاهات البحث اللسانى | ميلكا إفيتش | ت : سعد مصلوح / وفاء كامل فايد |
| ٧ – العلوم الإنسانية والفلسفة | لوسيان غولدمان | ت : يوسف الأنطكى |
| ٨ – مشعلو الحرائق | ماكس فريش | ت : مصطفى ماهر |
| ٩ – التغيرات البيئية | أندرو س. جودى | ت : محمود محمد عاشور |
| ١٠ – خطاب الحكاية | جيرار جينيت | ت : محمد معتصم وعبد الجليل الأزدى وعمر حلى |
| ١١ – مختارات | فيسوافا شيمبوريسكا | ت : هناء عبد الفتاح |
| ١٢ – طريق الحرير | ديفيد براونيستون وايرين فرانك | ت : أحمد محمود |
| ١٣ – ديانة الساميين | روبرتسن سميث | ت : عبد الوهاب علوب |
| ١٤ – التحليل النفسى والأدب | جان بيلمان نويل | ت : حسن المودن |
| ١٥ – الحركات الفنية | إدوارد لويس سميث | ت : أشرف رفيق عفيفى |
| ١٦ – أثينة السوداء | مارتن برنال | ت : بإشراف / أحمد عتمان |
| ١٧ – مختارات | فيليب لاركين | ت : محمد مصطفى بدوى |
| ١٨ – الشعر النسائى فى أمريكا اللاتينية | مختارات | ت : طلعت شاهين |
| ١٩ – الأعمال الشعرية الكاملة | جورج سفيريس | ت : نعيم عطية |
| ٢٠ – قصة العلم | ج. ج. كراوثر | ت: يمنى طريف الخولى / بدوى عبد الفتاح |
| ٢١ – خوخة وألف خوخة | صمد بهرنجى | ت : ماجدة العنانى |
| ٢٢ – مذكرات رحالة عن المصريين | جون أنتيس | ت : سيد أحمد على الناصرى |
| ٢٣ – تجلى الجميل | هانز جيورج جادامر | ت : سعيد توفيق |
| ٢٤ – ظلال المستقبل | باتريك بارندر | ت : بكر عباس |
| ٢٥ – مثنوى | مولانا جلال الدين الرومى | ت : إبراهيم الدسوقى شتا |
| ٢٦ – دين مصر العام | محمد حسين هيكل | ت : أحمد محمد حسين هيكل |
| ٢٧ – التنوع البشرى الخلاق | مقالات | ت : نخبة |
| ٢٨ – رسالة فى التسامح | جون لوك | ت : منى أبو سنه |
| ٢٩ – الموت والوجود | جيمس ب. كارس | ت : بدر الديب |
| ٣٠ – الوثنية والإسلام (ط٢) | ك. مادهو بانيكار | ت : أحمد فؤاد بلبع |
| ٣١ – مصادر دراسة التاريخ الإسلامى | جان سوفاجيه – كلود كاين | ت : عبد الستار الحلوجى / عبد الوهاب علوب |
| ٣٢ – الانقراض | ديفيد روس | ت : مصطفى إبراهيم فهمى |
| ٣٣ – التاريخ الاقتصادى لإفريقيا الغربية | أ. ج. هوبكنز | ت : أحمد فؤاد بلبع |
| ٣٤ – الرواية العربية | روجر آلن | ت : حصة إبراهيم المنيف |
| ٣٥ – الأسطورة والحداثة | بول . ب . ديكسون | ت : خليل كلفت |

| | | |
|---|---|---|
| ٣٦ – نظريات السرد الحديثة | والاس مارتن | ت : حياة جاسم محمد |
| ٣٧ – واحة سيوة وموسيقاها | بريجيت شيفر | ت : جمال عبد الرحيم |
| ٣٨ – نقد الحداثة | آلن تورين | ت : أنور مغيث |
| ٣٩ – الإغريق والحسد | بيتر والكوت | ت : منيرة كروان |
| ٤٠ – قصائد حب | آن سكستون | ت : محمد عيد إبراهيم |
| ٤١ – ما بعد المركزية الأوربية | بيتر جران | ت : عاطف أحمد / إبراهيم فتحى / محمود ماجد |
| ٤٢ – عالم ماك | بنجامين باربر | ت : أحمد محمود |
| ٤٣ – اللهب المزدوج | أوكتافيو باث | ت : المهدى أخريف |
| ٤٤ – بعد عدة أصياف | ألدوس هكسلى | ت : مارلين تادرس |
| ٤٥ – التراث المغدور | روبرت ج دنيا – جون ف أ فاين | ت : أحمد محمود |
| ٤٦ – عشرون قصيدة حب | بابلو نيرودا | ت : محمود السيد على |
| ٤٧ – تاريخ النقد الأدبى الحديث (١) | رينيه ويليك | ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد |
| ٤٨ – حضارة مصر الفرعونية | فرانسوا دوما | ت : ماهر جويجاتى |
| ٤٩ – الإسلام فى البلقان | هـ . ت . نوريس | ت : عبد الوهاب علوب |
| ٥٠ – ألف ليلة وليلة أو القول الأسير | جمال الدين بن الشيخ | ت : محمد برادة وعثمانى الميلود ويوسف الأنطكى |
| ٥١ – مسار الرواية الإسبانو أمريكية | داريو بيانويبا وخ. م بينياليستى | ت : محمد أبو العطا |
| ٥٢ – العلاج النفسى التدعيمى | بيتر . ن . نوفاليس وستيفن . ج . روجسيفيتز وروجر بيل | ت : لطفى فطيم وعادل دمرداش |
| ٥٣ – الدراما والتعليم | أ . ف . ألنجتون | ت : مرسى سعد الدين |
| ٥٤ – المفهوم الإغريقى للمسرح | ج . مايكل والتون | ت : محسن مصيلحى |
| ٥٥ – ما وراء العلم | چون بولكنجهوم | ت : على يوسف على |
| ٥٦ – الأعمال الشعرية الكاملة (١) | فديريكو غرسية لوركا | ت : محمود على مكى |
| ٥٧ – الأعمال الشعرية الكاملة (٢) | فديريكو غرسية لوركا | ت : محمود السيد ، ماهر البطوطى |
| ٥٨ – مسرحيتان | فديريكو غرسية لوركا | ت : محمد أبو العطا |
| ٥٩ – المحبرة | كارلوس مونييث | ت : السيد السيد سهيم |
| ٦٠ – التصميم والشكل | جوهانز ايتين | ت : صبرى محمد عبد الغنى |
| ٦١ – موسوعة علم الإنسان | شارلوت سيمور – سميث | مراجعة وإشراف : محمد الجوهرى |
| ٦٢ – لذّة النّص | رولان بارت | ت : محمد خير البقاعى . |
| ٦٣ – تاريخ النقد الأدبى الحديث (٢) | رينيه ويليك | ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد |
| ٦٤ – برتراند راسل (سيرة حياة) | آلان وود | ت : رمسيس عوض . |
| ٦٥ – فى مدح الكسل ومقالات أخرى | برتراند راسل | ت : رمسيس عوض . |
| ٦٦ – خمس مسرحيات أندلسية | أنطونيو جالا | ت : عبد اللطيف عبد الحليم |
| ٦٧ – مختارات | فرناندو بيسوا | ت : المهدى أخريف |
| ٦٨ – نتاشا العجوز وقصص أخرى | فالنتين راسبوتين | ت : أشرف الصباغ |
| ٦٩ – العالم الإسلامى فى أوائل القرن العشرين | عبد الرشيد إبراهيم | ت : أحمد فؤاد متولى وهويدا محمد فهمى |
| ٧٠ – ثقافة وحضارة أمريكا اللاتينية | أوخينيو تشانج رودريجث | ت : عبد الحميد غلاب وأحمد حشاد |
| ٧١ – السيدة لا تصلح إلا للرمى | داريو فو | ت : حسين محمود |

| | | |
|---|---|---|
| ١٠٨ – ثلاث دراسات عن الشعر الأندلسي | مجموعة من النقاد | ت : محمود علي مكي |
| ١٠٩ – حروب المياه | چون بولوك وعادل درويش | ت : هاشم أحمد محمد |
| ١١٠ – النساء في العالم النامي | حسنة بيجوم | ت : منى قطان |
| ١١١ – المرأة والجريمة | فرانسيس هيندسون | ت : ريهام حسين إبراهيم |
| ١١٢ – الاحتجاج الهادئ | أرلين علوى ماكليود | ت : إكرام يوسف |
| ١١٣ – راية التمرد | سادى پلانت | ت : أحمد حسان |
| ١١٤ – مسرحيتا حصاد كونجي وسكان المستنقع | وول شوينكا | ت : نسيم مجلي |
| ١١٥ – غرفة تخص المرء وحده | فرچينيا وولف | ت : سمية رمضان |
| ١١٦ – امرأة مختلفة (درية شفيق) | سينثيا نلسون | ت : نهاد أحمد سالم |
| ١١٧ – المرأة والجنوسة في الإسلام | ليلى أحمد | ت : منى إبراهيم ، وهالة كمال |
| ١١٨ – النهضة النسائية في مصر | بث بارون | ت : لميس النقاش |
| ١١٩ – النساء والأسرة وقوانين الطلاق | أميرة الأزهرى سنبل | ت : بإشراف/ رؤوف عباس |
| ١٢٠ – الحركة النسائية والتطور في الشرق الأوسط | ليلى أبو لغد | ت : نخبة من المترجمين |
| ١٢١ – الدليل الصغير في كتابة المرأة العربية | فاطمة موسى | ت : محمد الجندى ، وإيزابيل كمال |
| ١٢٢ – نظام العبودية القديم ونموذج الإنسان | جوزيف فوجت | ت : منيرة كروان |
| ١٢٣ – الإمبراطورية العثمانية وعلاقاتها الدولية | نيتل الكسندر وفنادولينا | ت: أنور محمد إبراهيم |
| ١٢٤ – الفجر الكاذب | چون جراى | ت : أحمد فؤاد بلبع |
| ١٢٥ – التحليل الموسيقى | سيدريك ثورپ ديڤى | ت : سمحه الخولى |
| ١٢٦ – فعل القراءة | ڤولڤانج إيسر | ت : عبد الوهاب علوب |
| ١٢٧ – إرهاب | صفاء فتحى | ت : بشير السباعى |
| ١٢٨ – الأدب المقارن | سوزان باسنيت | ت : أميرة حسن نويرة |
| ١٢٩ – الرواية الاسبانية المعاصرة | ماريا دولورس أسيس جاروته | ت : محمد أبو العطا وآخرون |
| ١٣٠ – الشرق يصعد ثانية | أندريه جوندر فرانك | ت : شوقى جلال |
| ١٣١ – مصر القديمة (التاريخ الاجتماعى) | مجموعة من المؤلفين | ت : لويس بقطر |
| ١٣٢ – ثقافة العولمة | مايك فيذرستون | ت : عبد الوهاب علوب |
| ١٣٣ – الخوف من المرايا | طارق على | ت : طلعت الشايب |
| ١٣٤ – تشريح حضارة | بارى ج. كيمب | ت : أحمد محمود |
| ١٣٥ – المختار من نقد ت. س. إليوت (ثلاثة أجزاء) | ت. س. إليوت | ت : ماهر شفيق فريد |
| ١٣٦ – فلاحو الباشا | كينيث كونو | ت : سحر توفيق |
| ١٣٧ – منكرات ضابط في الحملة الفرنسية | چوزيف مارى مواريه | ت : كاميليا صبحى |
| ١٣٨ – عالم التليفزيون بين الجمال والعنف | إيڤلينا تارونى | ت : وجيه سمعان عبد المسيح |
| ١٣٩ – پارسيڤال | ريشارد ڤاچنر | ت : مصطفى ماهر |
| ١٤٠ – حيث تلتقى الأنهار | هربرت ميسن | ت : أمل الجبورى |
| ١٤١ – اثنتا عشرة مسرحية يونانية | مجموعة من المؤلفين | ت : نعيم عطية |
| ١٤٢ – الإسكندرية : تاريخ ودليل | أ. م. فورستر | ت : حسن بيومى |
| ١٤٣ – قضايا التنظير في البحث الاجتماعى | ديريك لايدار | ت : عدلى السمرى |
| ١٤٤ – صاحبة اللوكاندة | كارلو جولدونى | ت : سلامة محمد سليمان |

| | | |
|---|---|---|
| ١٤٥ – موت أرتيميو كروث | كارلوس فوينتس | ت : أحمد حسان |
| ١٤٦ – الورقة الحمراء | ميجيل دى ليبس | ت : على عبد الرؤوف البمبى |
| ١٤٧ – خطبة الإدانة الطويلة | تانكريد دورست | ت : عبد الغفار مكاوى |
| ١٤٨ – القصة القصيرة (النظرية والتقنية) | إنريكى أندرسون إمبرت | ت : على إبراهيم على منوفى |
| ١٤٩ – النظرية الشعرية عند إليوت وأدونيس | عاطف فضول | ت : أسامة إسبر |
| ١٥٠ – التجربة الإغريقية | روبرت ج. ليتمان | ت: منيرة كروان |
| ١٥١ – هوية فرنسا (مج ٢ ، ج ١) | فرنان برودل | ت : بشير السباعى |
| ١٥٢ – عدالة الهنود وقصص أخرى | نخبة من الكُتاب | ت : محمد محمد الخطابى |
| ١٥٣ – غرام الفراعنة | فيولين فانويك | ت : فاطمة عبد الله محمود |
| ١٥٤ – مدرسة فرانكفورت | فيل سليتر | ت : خليل كلفت |
| ١٥٥ – الشعر الأمريكى المعاصر | نخبة من الشعراء | ت : أحمد مرسى |
| ١٥٦ – المدارس الجمالية الكبرى | جى أنبال وآلان وأوديت فيرمو | ت : مى التلمسانى |
| ١٥٧ – خسرو وشيرين | النظامى الكنوجى | ت : عبد العزيز بقوش |
| ١٥٨ – هوية فرنسا (مج ٢ ، ج٢) | فرنان برودل | ت : بشير السباعى |
| ١٥٩ – الإيديولوجية | ديفيد هوكس | ت : إبراهيم فتحى |
| ١٦٠ – آلة الطبيعة | بول إيرليش | ت : حسين بيومى |
| ١٦١ – من المسرح الإسبانى | اليخاندرو كاسونا وأنطونيو جالا | ت : زيدان عبد الحليم زيدان |
| ١٦٢ – تاريخ الكنيسة | يوحنا الآسيوى | ت : صلاح عبد العزيز محجوب |
| ١٦٣ – موسوعة علم الاجتماع | جوردن مارشال | ت : مجموعة من المترجمين |
| ١٦٤ – شامبوليون (حياة من نور) | چان لاكوتير | ت : نبيل سعد |
| ١٦٥ – حكايات الثعلب | أ . ن أفانا سيفا | ت : سهير المصادفة |
| ١٦٦ – العلاقات بين المتدينين والعلمانيين فى إسرائيل | يشعياهو ليفمان | ت : محمد محمود أبو غدير |
| ١٦٧ – فى عالم طاغور | رابندرانات طاغور | ت : شكرى محمد عياد |
| ١٦٨ – دراسات فى الأدب والثقافة | مجموعة من المؤلفين | ت : شكرى محمد عياد |
| ١٦٩ – إبداعات أدبية | مجموعة من المبدعين | ت : شكرى محمد عياد |
| ١٧٠ – الطريق | ميغيل دليبيس | ت : بسام ياسين رشيد |
| ١٧١ – وضع حد | فرانك بيجو | ت : هدى حسين |
| ١٧٢ – حجر الشمس | مختارات | ت : محمد محمد الخطابى |
| ١٧٣ – معنى الجمال | ولتر ت . ستيس | ت : إمام عبد الفتاح إمام |
| ١٧٤ – صناعة الثقافة السوداء | ايليس كاشمور | ت : أحمد محمود |

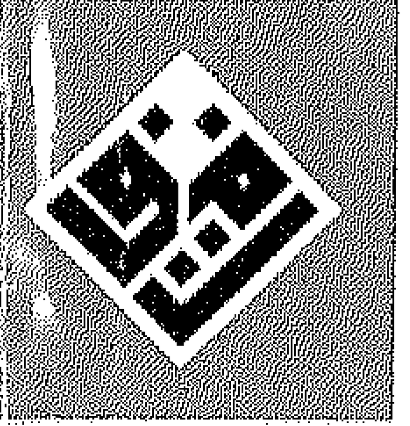
## ( تحت الطبع )

الجانب الدينى للفلسفة
الولاية
مختارات من الشعر اليونانى الحديث
چان كوكتو على شاشة السينما
الأرضة
نحو مفهوم للاقتصاديات البيئية والقوانين المعالجة
العنف والنبوءة
العمى والبصيرة (مقالات فى بلاغة النقد المعاصر)
التليفزيون فى الحياة اليومية
أنطوان تشيخوف
تاريخ النقد الأدبى الحديث (الجزء الرابع)
الإسلام فى السودان
العربى فى الأدب الإسرائيلى
ضحايا التنمية
المسرح الإسبانى فى القرن السابع عشر
فن الرواية
ما بعد المعلومات
علم الجمالية وعلم اجتماع الفن
المهلة الأخيرة

الهيولية تصنع علماً جديداً
مختارات من النقد الأنجلو - أمريكى
النقد الأدبى الأمريكى
موت الأدب
عن الذباب والفئران والبشر
العولمة والتحرير
علم اجتماع العلوم
الكلام رأسمال
محاورات كونفوشيوس
رحلة إبراهيم بيك
قصص الأمير مرزبان على لسان الحيوان
شتاء ٨٤
الشعر والشاعرية
ديوان شمس
عامل المنجم
مصر أرض الوادى
الدرافيل أو الجيل الجديد
سحر مصر
أسفار العهد القديم

رقم الإيداع ١٥٠٩٩ / ٢٠٠٠
I.S.B.N.
977-305-258-3
مطابع المجلس الأعلى للآثار



# THE MACHINARY OF NATURE

## PAUL EHRLICH

أصبحت مصطلحات مثل التلوث والتصحّر وترقق طبقة الأوزون متداولة بفعل الاهتمام بالبيئة ، الذى ازداد فى العقود الأخيرة . لكن ما يتم تداوله هو النتائج التى لحقت بالطبيعة فحسب . وهذا الكتاب يزوّد القارئ بالمقدمات التى تساعده على فهم تلك النتائج ، كما يمدّه بالمبادئ الأساسية والجوهرية إلى أقصى حد فى الإيكولوچيا ( علم البيئة ) ، مما يجعله طرفاً فعالا فى المناقشات الدائرة حول المخاطر البيئية. إنه كتاب عن علاقات الكائنات الحية ببعضها البعض وعلاقتها بالبيئة بما فيها الإنسان ، فالإنسان ليس الموضوع الرئيسى للإيكولوچيا - كما يتصور البعض - لأنها ، فى الحقيقة ، تهتم بكل الكائنات الحية .

والنظم البيئية لا تعالج هنا من منظور إستاتيكى بل يتم تناولها من منظور تطورى ، يلقى نظرة على الماضى البعيد ويستشرف آفاق المستقبل .

يحدد بول إيرليش عالم البيولوچيا والإيكولوچى الكبير - فى هذا الكتاب - التخوم الحالية للإيكولوچيا ، ويفسر السبب الأساسىّ الدّاعى لتقديرنا لأهمية النظم البيئية الطبيعية ، وكذلك تقديرنا للإسهامات المستمرة من جانب علماء التاريخ الطبيعى فى التقدم الفكرى والسياسىّ .



الغلاف : عماد حليم